Das männliche Geschlechtsorgan von Vespa germanica.

Von

Max Hermann Edmund Kluge

aus Magdeburg.

Hierzu Tafel X.

Geschichtlicher Theil.

Die älteste eingehende Arbeit, die wir über die Genitalanhänge der männlichen Hymenopteren besitzen, findet sich in der Litteratur des vorigen Jahrhunderts und zwar in Swammerdam's grossem Sammelwerk „Biblia naturae sive historia insectorum". (Leyden 1737.) Swammerdam giebt eine eingehende Beschreibung und Deutung der einzelnen Theile des männlichen Genitalorgans unserer Honigbiene und schildert auch die Veränderungen, welche die einzelnen Stücke des komplicirten Begattungsapparates in actu eingehen. Die Angaben Swammerdam's, die bei der Einfachheit der Hülfsmittel, welche ihm zu Gebote standen, in hohem Grade Bewunderung verdienen, werden durch eine ganze Reihe vortrefflicher Kupferstiche ergänzt. Auffallend ist es, dass es Swammerdam nicht gelang, eine Oeffnung des Geschlechtstraktus in der Endparthie des Penis zu entdecken. Er giebt auch selbst seiner Verwunderung hierüber Ausdruck, hilft sich aber auf einfache Weise aus diesem Dilemma. Da eine ejaculatio seminis nach seinen Befunden nicht möglich ist, so nimmt er an, dass bei dem Bienenweibchen der Geruch des nahen Männchens allein die Befruchtung bewirke. Schon Swammerdam vermuthete also, wenn auch auf Grund falscher Beobachtungen eine Art conceptio immaculata der Bienenkönigin, einen Vorgang, der bekanntlich gegen Mitte unseres Jahrhunderts durch die vereinten Beobachtungen von Bienenzüchtern und Zoologen (Dzierzon, v. Siebold, Leuckart) über die Fortpflanzungsweise der Biene ausser Zweifel gesetzt wurde. Waren es bei Swammerdam allein die Genitalien der Biene, die er zum besonderen Gegenstand seiner Untersuchung gemacht, so beschrieb wenige Jahre darauf Réaumur in seinen „Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes (Paris 1742)", unter Anderem auch die Genitalanhänge der Hummeln und Wespen, besonders von Vespa gallica und V. crabro. Nach Réaumur besteht das derb-

chitinisirte Geschlechtsorgan des Männchens unserer Wespen aus drei Theilen; den paarigen, schuppenartigen Zangen, den zwischen diesen gelegenen „langen weissen und behaarten Körpern“ und dem eigentlichen median gelegenen Zeugungsglied. Das oral gelegene Chitinstück, in welchem die Zangen ihre Insertion finden, hält er für das letzte Abdominalsegment der Wespe und nicht für ein Stück des Genitalorgans selbst.

In der Behandlung unseres Stoffes tritt darauf in der Litteratur, soweit sie uns vorliegt, eine längere Pause ein. Erst 1831 veröffentlichte wiederum ein französischer Forscher, Dufour, in seinem viel angezogenen Werk: „Recherches anatomiques et physiologiques sur les Orthoptères, les Hyménoptères et les Neuroptères“ eine Beschreibung der Genitalanhänge der Hymenopteren. Dufour's Arbeit ist weit eingehender, als die der beiden vorhergehenden Autoren. Sein Verdienst ist es, zuerst eine Nomenklatur für die einzelnen chitinösen Theile des Copulationsorgans in die Wissenschaft eingeführt zu haben. Nach ihm setzt sich die von zahlreichen Muskeln an den letzten Abdominalsegmenten befestigte „armure copulatrice“ bei allen Hymenopteren aus folgenden vier resp. fünf Stücken zusammen: 1. pièce basilaire, 2. le forceps, 3. le fourreau de la verge, 4. la volselle und eventuell, 5. l'hypotome. Die einzelnen Stücke seien zwar bei den einzelnen Arten verschieden entwickelt, für ein geübtes Auge aber immer auf ihren Typus zurückzuführen. Dufour giebt dann die Erklärungen der Namen dieser einzelnen Theile, bespricht die letzteren vergleichsweise und bringt zum Schluss auch eine Beschreibung der Genitalorgane einzelner Hymenopterenfamilien. Hierbei führt er die von mir zum Gegenstand meiner Untersuchung gemachte Vespa germ. nicht an; von den nächsten Verwandten bespricht er nur Polistes und Vespa crabro, erstere vergleichsweise, letztere in einer besonderen Abhandlung, in der er auch die nichtchitinisirten Theile des Genitalorgans darstellt.

Nach der Redaktion dieser Artikel bekam Dufour ein Schreiben, worin ihm Audouin mittheilte, dass auch er zusammen mit Lachat der Akademie im Jahre 1821 Untersuchungen über diesen Gegenstand ungedruckt eingereicht habe. Dufour ging auf die Nomenklatur dieser beiden Forscher ein, obwohl ihm selbst eine Rückführung auf seine Benennungen nicht ganz leicht erscheint. Die pièce basilaire ist bei Audouin und Lachat: la cupule; die forceps benennen sie: d'hélotes; jeder Arm der Zange besteht aus drei Theilen: 1. le spathe, 2. l'entospathe, 3. la harpide. Dufour nimmt an, dass eins dieser drei Stücke seine volselle sei, wagt aber nicht zu entscheiden, welches. Das hypotome kennen Audouin und Lachat nicht. Das Futteral (le fourreau de la verge) nennen sie: paramèse, die Stäbe (les baguettes) dieses Futterals: thyrses.

Der einzige zeitgenössische deutsche Bearbeiter dieser Materie ist Burmeister. In seinem „Handbuch der Entomologie“ (Berlin 1832) liefert er unter Anderem auch eine kurze Beschreibung des Penis von Vespa und giebt eine Skizze desselben mit den Anhangsgebilden.

Er benennt die forceps Dufour: äussere Scheide, die volselle: innere Scheide, die chitinöse Umhüllung des Penisrohrs, den fourreau de la verge Dufour: penis. Die pièce basilaire hat er entweder übersehen oder nicht als zugehörig zum Penis betrachtet, in Folge dessen lässt er auf der Abbildung fälschlich die beiden Samenleiter in eine weite Oeffnung sich ergiessen, die sich in der Mitte der grossen Klammern befindet. Die Skizze selbst ist nicht genau ausgeführt und die Beschreibung sehr kurz gehalten; beides ist allerdings zu entschuldigen, da Burmeister die Genitalien nicht zum besonderen Gegenstand seiner Untersuchung in diesem Buche macht. Die anatomischen Detailverhältnisse wurden von ihm ebensowenig berücksichtigt als von den vorhergehenden Forschern.

Daneben ist aus der Litteratur der Mitte dieses Jahrhunderts noch weiterzu erwähnen eine Arbeit Stein's über die weiblichen Geschlechtsorgane der Käfer in „Vergleichende Anatomie und Physiologie der Insekten" (Berlin 1847). Stein's Thema ist zwar ein dem hier gewählten Stoffe ziemlich fernliegendes, es ist jedoch Stein's Verdienst, in dieser Arbeit zuerst die morphologischen Beziehungen der Segmentstücke mit den Genitalien der Insekten erkannt zu haben.

Der Nächste in der Reihe der Autoren, die über die Genitalanhänge der Hymenopteren veröffentlichten, ist Lacaze-Duthiers. In seinen „Recherches sur l'armure génitale des Insectes" (Annales des sciences naturelles, Tome XI et XII. Paris 1849) führt derselbe für armure copulatrice Dufour den Namen armure génitale ein und stellt zuerst die Frage auf: Herrscht ein einheitlicher Plan in der Zusammensetzung der männlichen und der weiblichen Zeugungsorgane? Er untersucht zuerst die Weibchen, beantwortet aber die von ihm gestellte Frage selbst nicht, da er aus irgend welchen Gründen zu einer Untersuchung der männlichen Geschlechtsorgane nicht gelangt. Lacaze-Duthiers führt in seinem Werke eine Reihe von Forschern auf, die er mehr oder weniger abfällig kritisirt, so: Westwood, der Zeichnungen ohne Erklärungen geliefert, und Curtis, der nur beschrieben habe. Leider sind mir die Arbeiten der beiden letzten Autoren nicht zugänglich gewesen.

In der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts war es zunächst Leuckart, der in dem v. Berlep'schen Buche „Die Biene und die Bienenzucht" (1. Auflage 1860) die Copulationsorgane der Drohne näher beschrieb[1]). Ebenso hat unter Leuckart's Leitung Kraepelin („Bau, Mechanismus und Entwickelungsgeschichte des Stachels der bienenartigen Thiere". Leipzig 1873) die Hauptstücke des Copulationsorgans unserer Drohne morphologisch analysirt und auf die entsprechenden Theile des Stachels bei dem Weibchen zurückgeführt.

Neuerdings veröffentlichte auch Koschewnikoff eine russisch geschriebene Abhandlung: „Bau der Geschlechtsorgane der Drohne" (Moskau 1891), in der er die älteren Arbeiten der Autoren, welche

[1]) Vergleiche hierzu auch die 1885 herausgegebene „Anatomie der Biene" nebst Wandtafel.

auf diesem Gebiet thätig waren, zusammenfasste und speciell die innere Auskleidung des Genitalorgans anatomisch näher beschrieb. Bekanntlich aber liegen die bezüglichen Verhältnisse bei diesem Insekt so ganz anders, als bei den anderen Hymenopteren, ja bei allen andern Insekten. Die einzelnen Theile des Copulationsapparates sind so eigenartig, fast nur als Auswüchse eines langen Schlauchs anzusehen, dass eine Zurückführung auf die Genitalien der anderen Hymenopteren kaum zulässig erscheint.

Ueber die männlichen Begattungsorgane unserer Wespe, wie auch der nahe verwandten Hummeln ist seit den Abhandlungen Dufour's und Burmeister's lange Zeit hindurch nichts veröffentlicht worden. Das Interesse der Entomologen wandte sich mehr der Erforschung anderer Stücke zu, besonders der Mundtheile, die ein praktisches Interesse für die Classifizirung boten. Erst in der letzten Zeit begann man wieder die Copulationsorgane der Hymenopteren näher zu untersuchen. Hoffer (die Hummeln Steiermarks) und Schmiedeknecht (Apidae Europaeae Berlin 1885—1887) studirten die Geschlechtsorgane der Bombiden. Sie fanden, dass die Verschiedenheiten in der Bildung der einzelnen Hartgebilde auch bei der Charakteristik und Unterscheidung der Arten in Betracht zu ziehen seien. Auf Grund der darin sich aussprechenden Verschiedenheiten hat besonders Schmiedeknecht die einschlägige Litteratur um eine ausserordentliche Anzahl von Arten bereichert. In vergleichend anatomischer Hinsicht haben beide Autoren die Copulationsorgane nicht behandelt. Abstrahirt man von den ziemlich zahlreichen Arbeiten, welche über das Begattungsorgan von Apis mell. erschienen sind, über Gebilde, die, wie bemerkt, in der äusseren wie inneren Struktur von denen der andern Hymenopteren gänzlich verschieden sind, so kann man wohl behaupten, dass über die Details in der Zusammensetzung dieser Apparate, speciell der Chitinstücke und den Mechanismus der letzteren bei den Hymenopteren überhaupt, keine einzige anatomisch eingehende und erschöpfende Abhandlung existirt. Es war mir deshalb eine sehr willkommene Aufgabe, als mich mein hochverehrter Lehrer, Herr Geheimrath Leuckart auf dieses so wenig bekannte Organ aufmerksam machte und mir eine nähere Untersuchung empfahl. Ich untersuchte zuerst makroskopisch die Genitalien unserer einheimischen Hummelarten, bis ich von der Arbeit Schmiedeknecht's Kenntniss erhielt, der die Einzeltheile des chitinösen Apparates bei denselben bereits genau festgestellt und eine neue Benennung eingeführt hatte. Er nennt das oralwärts gelegene Stück: Cardo, die grossen äusseren appendices derselben: Stipites oder grosse Klammern; an letzteren sitzen an: die Sagittae oder kleine Klammern und eine Anzahl von kleineren Auswüchsen, die er Squamae und Laciniae benennt. Das Mittelstück, welches das Penisrohr umgiebt, heisst bei ihm: Spatha.

Dieser Nomenklatur schloss ich mich bei der Untersuchung des Genitalorgans von Vespa germ. an. Ich richtete mein Haupt-

augenmerk, neben der Beschreibung des Ektoskeletts, auf den inneren Mechanismus und die Fixation des Genitalorgans im Abdomen.

Die Untersuchungen boten insofern gewisse Schwierigkeiten, als das Ektoskelett des Genitalorgans überaus hart und widerstandsfähig ist, eine Mikrotombehandlung deshalb nur unter Zuhülfenahme ganz bestimmter, auszuprobirender Mittel möglich war. Ich werde deshalb in einem Schlusskapitel die hierbei von mir beobachte Methode einer kurzen Besprechung unterziehen.

An dieser Stelle sei es mir vergönnt, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geheimrath Leuckart, für die Anregung, die er mir jederzeit zu Theil werden liess, für die Benutzung seiner reichhaltigen Bibliothek, sowie überhaupt für sein freundliches Wohlwollen meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Die Hartgebilde des männlichen Begattungsorgans von Vespa germanica.

I. Spatha.

Das wichtigste Stück des gesammten chitinösen Copulationsapparates (Fig. 1 u. 2) ist die median gelegene, unpaare Spatha. Sie umschliesst in grösster Länge die beiden Vasa deferentia, die Vereinigung derselben und den Ductus ejaculatorius mit der Auswurfsöffnung. Ausser diesen, auf den ersten Blick nicht sogleich erkennbaren Thatsachen, ist es aber vor allem schon die mediane Lage und die elegante Gestalt, die das Auge des Beschauers fesselt und eine besondere Wichtigkeit gerade dieses Organs deutlich erkennen lässt.

Das Chitin ist dünner als das der umgebenden Theile und in Folge dessen auch entsprechend heller und gelblicher. Beim lebenden oder frisch abgetödteten Thier lässt sich die spatha leicht nach oben und unten biegen und zeigt dabei eine ausgesprochene Elasticität. Die Durchschnittslänge beträgt bei Vespa g. 4 mm, bald etwas mehr, bald weniger, je nach der Grösse des betreffenden Individuums. Die Breite schwankt in den einzelnen Abschnitten zwischen 0,28 und 0,9 mm. Die Höhe beträgt zwischen 0,21 und 0,71 mm. Höhe und Breite der Spatha schwanken also, vom minimum zum maximum, durchschnittlich im Verhältniss von 1 : 3. Diese seitlichen Erweiterungen und Verengerungen zusammen mit den Höhendifferenzen, bedingen die, auf mikroskopischen Querschnitten so ausserordentlich verschiedenen und doch immer eleganten symmetrischen Formen, die ich später des Näheren besprechen werde. Die Bezeichnung Spatha, Spatel, Degen, die nun einmal in der neueren Hymenopterenlitteratur eingeführt ist, trifft eigentlich die äussere Gestalt dieses Organtheils bei Vespa g. sehr wenig. Da aber bereits beim nächsten Verwandten, der Hornisse, die Spatha eine ganz bedeutende Umgestaltung erfahren, und bei andern Aculeaten, z. B. den Hummeln, die Abweichung noch weiter geht, so möchte ich die einmal eingeführte generelle

Bezeichnung beibehalten. Besser liesse sich schon bei der Wespe dies Organ mit einem Löffel, oder noch treffender vielleicht, wenn man von den Grössendifferenzen absieht, mit einem, im Knie sanft gebogenen, menschlichen Bein vergleichen, dessen Fusstheil im breiten, mittelalterlich abgestumpften Schuh steckt (Fig. 2.). Bei letzteren Vergleich würde dann das Basalstück den breiten Oberschenkel, die erste Einbuchtung den Uebergang zum Knie darstellen. Darauf würde dieses selbst in breiter, kräftiger Entwickelung folgen, hierauf nach abermaliger sanfter Einschnürung die Wadenparthie, welche schliesslich nach feiner Verschmälerung in den abwärts gebogenen, breit entwickelten Fuss übergeht. Dieser würde dann in der Hackenparthie von einem Paar flügelartiger Auswüchse flankirt sein.

In dieser, soeben geschilderten Gestalt zeigt sich die Spatha dem Beobachter bei Lupenvergrösserung von der dorsalen Seite aus und im Zusammenhang mit den übrigen Hartgebilden des Genitalorgans. Trennt man jedoch vorsichtig mit Pincette und Skalpell die Spatha von ihrem festen Ansatzpunkt an dem Cardo; dem am meisten oralwärts gelegenen, unpaaren Anfangsstück des Begattungsapparates, so bemerkt man, dass die untere Parthie um ein beträchtliches in den Cardo hineinragt. Ein paariges, ausserordentlich hartes Chitingebilde geht in divergirender Richtung bis dicht an die Ventralseite des Cardo und ist hier durch ein Paar kurze, aber sehr massige Muskeln festgehalten. Entfernt man dieselben und betrachtet man mit einfacher Lupenvergösserung die isolirte Spatha von der Ventralseite, so fällt hier zunächst eine breite, sich aboral allmählich verschmälernde Furche auf, welche die Spatha fast in ganzer Länge in der Medianlinie, vom Ansatzpunkte bis zur weiten löffelartigen Endverbreiterung durchrieft. Hierdurch wird der Höhendurchschnitt der Spatha in der Mittellinie ein geringerer und das Organ dadurch hellglänzender und durchleuchtender. Die Furche selbst ist, wie man bei näherer Untersuchung bald erkennt, nicht sehr tief. Ihr Untergrnnd lässt sich etwas gegen die Rückenfläche drücken und ist mit feinen Membranen an den Seitenwänden befestigt. Diese Verbindungshäutchen lassen sich jedoch, wegen ihrer ausserordentlichen Zartheit gut nur an mikroskopischen Querschnitten beobachten. Bei schwacher Vergrösserung, in der Längsrichtung der Spatha gesehen, können sie, namentlich in den letzten Theilen leicht zu irrigen Anschauungen verführen. Die breite, fast kreisrunde Erweiterung am Ende der Spatha (Fig. 1 Sp.) nämlich trägt auf der Unterseite rechts wie links zwei dünnhäutige Säckchen, welche in ihrem äusseren Habitus und bei der sehr exponirten Lage am äussersten Ende des gesammten Begattungsapparates leicht den Glauben erwecken, dass man es hier mit drüsigen Gebilden zu thun habe. Die beiden Säckchen lassen sich mit der Nadel von der Spatha abheben, der sie leicht aufliegen. Sie sind circa 0,4 mm lang und in ihrer Gestalt ziemlich kurz und rundlich. Ihre Farbe ist sehr hell, in Flüssigkeiten gesehen fast weiss und sticht scharf von dem Untergrunde der Spatha ab. Bisweilen legen sie sich mit

den Innenseiten leicht aneinander, so dass die sonst runden Körper an der Berührungsfläche abgeplattet erscheinen. Längere Zeit war ich der Meinung, dass sie mit dem Ductus ejaculatorius in engster Beziehung ständen, sei es, dass sie, wie der Anschein es vermuthen liess, drüsigen Charakters seien oder gar das äusserste Ende des Ductus selbst darstellten, der dann am Ende seiner, in der Spatha eingeschlossenen Parthie, vielleicht ähnliche Gebilde verberge, wie der Penis der Biene. Sprach doch auch die äussere Aehnlichkeit und Lage dieser Anhänge für ein Homologon der Widderhörner bei Apis. Dazu kam, dass Dufour, bei der generellen Besprechung der Geschlechtsorgane der Hymenopteren, angab, es zeige sich am Ende des fleischigen und konsistenten Penis „eine Spur von ausgeschnittener Eichel.“ Um so nothwendiger war es also, gute Querschnittsbilder herzustellen, die allein die Natur der fraglichen Gebilde genügend aufklären konnten. Und dabei stellte sich denn auch heraus, dass diese Wülste nichts weiter sind, als sackartige Auftreibungen der ventralen Chitinwand der Spatha. Sie entspringen innerhalb der Spatha, etwas oralwärts vor dem Auftreten der beiden Alae, wie ich die beiden Widerhaken der Spatha bezeichnen möchte, und zeigen sich, von hier an bis zu dem Punkte, wo die beiden Wülste auf der Bauchfläche der Spatha deutlich sichtbar werden, in links- wie rechtsseitiger Verdoppelung (Fig. 1 Sp.). Auf Querschnitten bemerkt man demnach zwei grössere und zwei kleinere äussere Erhebungen, welche lefzenartig von der Bauchseite der Spatha ausgehen und ungefähr die gleiche Querschittshöhe erreichen wie die Alae. Mit dem Verschwinden der letzteren geht auch gemeinsam das Kleinerwerden und die allmähliche Rückbildung der äusseren Wülste, sodass auf Schnitten, welche nur die unterste Region der Spatha treffen, das Lumen der beiden inneren Säckchen allein übrig bleibt. Das Chitin der beiden Wülste, welches, wie die ganze ventrale Begrenzung der Spatha, ausserordentlich fein und gewellt erscheint, ist an der Stelle, wo sich die beiden Säckchen auf dem Ende der Spatha berühren, etwas verdickt und schwach gelblich gefärbt.

Nach dieser Abschweifung über das Anhangsgebilde der Spatha will ich auf die Beschreibung der Spatha selbst wieder zurückkommen, die in den einzelnen Theilen ausserordentlich variabel ist. Ihr letztes Viertel, das distale Ende ist stark abgeplattet und rundlich verbreitert. An der breitesten Stelle dieser Scheibe bilden Querschnitte eine kahnförmige Figur, deren seitliche Ränder 0,86 mm von einander entfernt sind, während die Höhe des Schnitts 0,29 mm beträgt. Sehr bald treten dann in Schnittserien die beiden oben beschriebenen Wülste auf; zuerst paarig mit eigenem Lumen, dann in vierfacher Anzahl mit der Ventralwand der Spatha ein Lumen bildend, bis sich schliesslich das äusserste Ende des ringsumschlossenen Ductus ejaculatorius dazwischen schiebt, an einer Stelle, wo die beiden äusseren, kleineren Säckchen bereits fast verschwunden sind und an der Aussenseite der Spatha die Alae sich sanft abwärts

und nach den Seiten biegen. Hier misst die Spatha von rechts nach links 0,64 mm und dorso-ventral 0,42 mm. Es folgt nach vorn, plötzlich abgesetzt die schmalste Stelle der Spatha, von nur 0,28 mm Breite und auch nur geringer Höhe (0,36 mm). Auf ungefähr halber Länge der Spatha haben wir im Querschnitt die elegante Lyraform, wie sie Fig. 3 nach einer Photographie zeigt. Das Chitin ist hier bereits, gegen die Anfangsschnitte betrachtet, stärker geworden, erreicht aber bei weitem nicht die kolossale Dicke, wie sie andere Stücke des Begattungsapparates, z. B. die grossen Klammern zeigen. Diese Figur des Spathaquerschnittes bleibt mit geringen Modifikationen eine Zeitlang ungefähr gleich, in der ganzen Gegend, die wir in unserem Bilde als Wadenparthie bezeichnet haben; sie verschmälert sich schliesslich etwas, namentlich in der unteren, ventralwärts gelegenen Parthie, während sie dorsalwärts breiter, bauchiger wird. Plötzlich jedoch, in der Gegend des Kniees, tritt an Stelle der bisher beobachteten, schön geschwungenen Linien eine starre, stark gebrochene Figuration auf. (Fig. 5.) Die Dorsalseite wird gebildet durch den Scheitelpunkt eines spitzen Winkels, dessen beide Schenkel an ihrem Ende 0,43 mm klaffen; von hieraus gehen in stumpfem Winkel der Medianlinie zu zwei andere Chitinstücke, die direkten Fortsetzungen der ersteren, und lassen nur einen schmalen Raum an ihren Enden zwischen sich, welcher durch die stets vorhandene dünne Verbindungshaut ventral geschlossen wird. Die Höhe beträgt hier 0,65 mm.

Ueber die im Innern befindlichen Gebilde wird bei einer späteren Gelegenheit (s. Genitaltractus) gehandelt werden.

Aber nicht bloss äusserlich ist diese Stelle ausgezeichnet, sondern auch dadurch, dass hier die ursprünglich getrennten beiden Vasa deferentia zu dem, die hintere Hälfte der Spatha bis ans Ende durchsetzenden unpaaren Ductus ejaculatorius, zusammentreten. Es liegt nahe zu vermuthen, dass die eigenthümliche Bildung des Kniees mit diesem Verhalten einen gewissen Zusammenhang habe. Dieses Knie der Spatha ist übrigens, wenn man das Gesammtstück des Penis betrachtet, am meisten dorsal gerichtet, entbehrt also seitlich des Schutzes der Stipites; es muss also hierfür Ersatz geschafft werden, und dies geschieht einestheils durch eine lokale Verdickung des Chitins, anderntheils durch die spitze, dachförmige Form der Dorsalseite, welche hierdurch widerstandsfähiger gemacht wird.

Das vordere Viertel der Spatha zeigt auf Querschnitten wieder ähnliche Formen, wie die aborale, letzte Hälfte. Die Linien sind wieder gewellt oder geschwungen, die äussere Gestalt erinnert, je näher dem Ende, durch ihre Breite und geringe Höhe etwas an die Schnitte durch das Endstück, die Löffelschaufel oder den Fuss in unserem Bilde. In der Mitte ist auch hier die grösste Breite erreicht, die Maximalbreite der Spatha überhaupt (0,9 mm). Der Höhendurchmesser wird, je näher dem Vorderende zu, immer flacher; während er in der mittleren Parthie noch 0,72 mm misst, nimmt er schnell ab; ja man kann eigentlich in dem proximalen Theile über-

haupt nicht mehr von der Höhe der Spatha sprechen, da die feine Membran, welche sonst das Lumen auf der Ventralseite schloss, verschwindet und Muskeln aus den peripheren Theilen der anderen Stücke frei in das Innere hineindringen. Zugleich geht die feine Verbindungshaut auf der Bauchseite der Spatha nach den beiden grossen Klammern hinüber, diese an ihrem Rückentheil locker mit der Spatha verbindend.

Wie schon bemerkt, ist die Spatha in der Medianlinie mit den beiden grosssen Klammern durch chitinöse Verwachsung elastisch verbunden. Die andere Fixation, im Innern der Klammern versteckt, ist auch bereits flüchtig erwähnt. Es sind dies die beiden, von der Ventralseite der Spatha ausgehenden, ausserordentlich starren Chitinstäbe, die, nach ungefähr $1/2$ mm Länge in einer kurzen, derben Verdickung (Fig. 6 Sp.), ähnlich einem Kugelgelenkkopf, endigen. Diese Stäbe sind solide, ohne Matrix im Innern und demnach starre Fortsetzungen der Ventralwand der Spatha, aus deren Matrix sie ihren Ursprung genommen haben müssen. Ihre Richtung ist ein wenig schräg abwärts und zugleich nach vorn, sodass sie um ein Geringes den in der Medianlinie gelegenen Fixationspunkt der Spatha überragen. Für die Bewegungsfähigkeit der Spatha ist dies ein wichtiges Moment, auf das ich später, bei Besprechung der Muskulatur und ihrer Wirkungen, zurückkommen werde.

II. Sagittae.

Die inneren Appendices der grossen Klammern werden in der Nomenclatur der Geschlechtsorgane von Schmiedeknecht Sagittae genannt. So passend dieser Name auch für einzelne Hummelarten gewählt sein mag, so trifft seine Bezeichnung doch für Vespa in keiner Weise zu. Trotzdem möchte ich die einmal eingeführte Benennung beibehalten, da ja auch dieses Stück in der Reihe der Hymenopteren unzählige Veränderungen eingeht und eine anderweitige, einseitige Benennung bei Vespa in der durch Schmiedeknecht, vermuthlich für sämmtliche Hymenopteren, festgestellten Bezeichnung nur Verwirrung herbeiführen könnte. Die Sagittae sind ein paariges Gebilde, welches mit der jederseitigen, inneren Wand der grossen Klammern eng verbunden ist (Fig. 1 Sa.). Bei ausgewachsenen Exemplaren ist ihre Grösse etwas über 3 mm, wovon etwas mehr als die Hälfte auf das freie Ende zu rechnen ist. Im Gegensatze zur Spatha, die gänzlich unbehaart ist, umgiebt sie theilweise ein dichtes Haarkleid. Das aborale Ende ist bei alten Exemplaren so vollständig von einem förmlichen Pelz von Haaren umkleidet, dass man die Conturen des Hartgebildes überhaupt nicht mehr zu erkennen vermag. Auf Querschnitten jedoch, die auch hier bei diesem langestreckten Organ sich nothwendig machen, um die genauere Struktur kennen zu lernen, bemerkt man, dass allein die ventrale, etwas nach innen gewandte Fläche die Trägerin des

Haarkleides ist; nur die ausserordentliche Länge der Haare — dreiviertel mm — in der untersten Parthie und die Dichtigkeit derselben täuschen eine allseitige Umkleidung bei der Betrachtung in toto vor. Nach dem Cardo zu nimmt die Menge der Haare ziemlich schnell ab, sodass auf der Seitenplatte (Fig. 1 Sa.) nur noch sporadisch einige wenige auftreten, während sie auf der mehr einwärts gelegenen Parthie schon um ein Geringes eher verschwinden.

Das Chitin ist an diesem Theile bedeutend stärker und dem entsprechend dunkler, als an der Spatha; ja die der letzteren abgewandte Aussenfläche zeigt stellenweise eine solche Dicke, wie sie kein anderer Theil des Geschlechtsapparates aufweist; dazu kommt, dass die ganze dorsalwärts gelegene Parthie mit zahllosen dicken Tüpfeln besetzt ist, welche die Stärke des Chitins nicht unwesentlich vermehren. Es ist daher nicht zu verwundern, wenn das Durchziehen des Mikrotommessers an dieser Stelle durch das Präparat auf 15—20 Schritt deutlich, als sägeartiges Geräusch vernehmbar ist.

Es ist keine seltene Erscheinung, die Einem bei der Betrachtung dieses oder jenes Organs bei einem Thiere entgegentritt, dass einzelne Theile desselben bald mehr bald weniger ausgebildet erscheinen. So ist es auch beim Geschlechtsapparat unserer Vespa. Spatha sowohl wie Sagittae wechseln in ihren Grössenverhältnissen bei den einzelnen Thieren recht häufig. Bald ist die Spatha länger und wird daher auf Querschnitten, die vom aboralen Pol beginnen, zuerst getroffen, bald die Sagittae. Es beruht diese Erscheinung vielleicht auf einer ungleichen Ernährung der hier angezogenen Organtheile während der Entwickelungsperiode unserer Thiere. Diesem Umstand glaubte ich Rechnung tragen zu müssen, und deshalb erlaubte ich mir die Querschnitte von solchen Exemplaren abzubilden, bei denen die Spatha der am weitesten hervorstehende Theil des Geschlechtsorgans bildete. Andererseits benutzte ich zur dorso- und ventral-Totalansicht unseres Organs (Fig. 1 u. 2) Individuen, deren Sagittae die Spatha an Länge überragten. Ein anderer Umstand, den ich bei Anfertigung der Zeichnungen zu berücksichtigen hatte, war der, dass beide Theile vermöge der Wirkungen ihrer Muskulatur im Stande sind, sich bald über, bald untereinander zu lagern. Die dichtbehaarten Enden der Sagittae bedecken nicht selten mit ihrer Breite und Länge die ganze Unterparthie der Spatha. Andernfalls lassen sie durch Auseinanderklaffen die Spatha frei nach oben treten und bedecken dann die Genitalöffnung und die Unterseite des Löffels mit den beiden Säckchen. Ich habe, bei der Fülle des Materials, das ich mir in drei Sommern beschaffte, bei der Vergleichung in 59 Fällen gefunden, dass die Spatha 32 mal über den Sagittis gelegen, 27 mal unter denselben gelagert war. Bei ungefähr zwei Drittel der Individuen war die Spatha länger als die Sagittae. Ich gehe auf diesen Gegenstand hier etwas breiter ein, weil man neuerdings in der Classifikation beliebt, hauptsächlich auf Grund von Verschiedenheiten im Bau der chitinösen Geschlechtsorgane, zahllose neue Arten in dem Hymenopterensystem aufzustellen.

Die anscheinend so starren Chitinskeletttheile gehen aber auch bei Individuen derselben Art häufig solche Veränderungen ein, dass eifrige Systematiker, von denen vielleicht nur ein wenig ausgiebiges Material und dieses oft todt untersucht wird, durch derartige Verschiedenheiten nur zu leicht zu der Annahme verschiedener Arten verführt werden. Ich kann mich jedenfalls dem Gedanken nicht verschliessen, dass die von mir beobachteten Veränderungen in der Grösse und Lagerung einzelner Theile der Geschlechtsorgane von Vespa, auch bei anderen Arten, z. B. Bombiden, ebenso häufig vorkommen werden. Die von mir untersuchten Männchen entstammten übrigens sämmtlich ein und demselben Jahresbau, waren also unzweifelhaft Verwandte engster Art, obwohl sie, wie gesagt, so auffallende Differenzen in der Bildung ihrer Copulationsorgane zeigten.

Betrachten wir in Folgendem die Struktur der Sagittae, wie sie sich auf Querschnitten präsentirt. Die zuerst getroffene terminale Parthie zeigt zwei auf der Rückenfläche einander leicht zugeneigte Figuren, welche eine mehr oder weniger dreieckige Gestalt besitzen. Ihre Grösse (Fig. 4) bleibt sich ziemlich gleich, so lange das freie Ende getroffen wird, die trianguläre Form wird gleichfalls bewahrt, nur treten Modifikationen der einzelnen Theile unserer Dreiecke auf, so, dass bald die dorsal gelegene, bald die dem Bauche zugewandte Parthie Ausbuchtungen resp. Verschmälerungen erfährt. In der Gegend jedoch, wo die Lyraform der Spatha sich mehr in die Länge zieht, also kurz vor der Kniebildung der Spatha, nehmen auch die Querschnitte der Sagittae eine andere Form an. Die vorher einander zugeneigten Rückenflächen treten auseinander, dafür nähern sich die ventral gelegenen Enden der nun schon bedeutend massiger (Fig. 5) gewordenen Organe. Das Haarkleid, welches die innere Seite der Dreiecke dicht umgab, ist verschwunden, an ihrer Stelle ist das Chitin bedeutend stärker geworden; beide Sagittae haben sich der Spatha mehr genähert. In dem darauf folgenden scharfkantigen Abschnitte der Spatha, dem Knie, umgeben sie das Mittelorgan, das sie auf unseren Querschnitten vorher ventral begrenzten, schon auf beiden Seiten. Sie werden immer mehr zu langgestreckten Gebilden, die mit ihrer ventralen Seite dem Innern der grossen Klammern näher und näher rücken, bis sie, ungefähr in halber Höhe der Stipites, ziemlich schnell mit deren Innenwand verschmelzen.

III. Cardo. (Fig. 1 u. 2.)

Das Chitinstück, welches die grossen Klammern oralwärts begrenzt, wird in der Hymenopterenlitteratur der letzten Jahre nach dem Vorbilde von Schmiedeknecht Cardo genannt.

Cardo-Angel, Drehpunkt ist in der That eine treffende Bezeichnung für dieses den Bewegungsmechanismus der Stipites zum Theil bedingende und regelnde Ansatzstück. Schmiedeknecht

und Hoffer gebrauchen auch gelegentlich den deutschen Ausdruck „Kapsel" für dasselbe Gebilde. In neuester Zeit hat Verhoeff beide Bezeichnungen für wenig passend gefunden und diesem Theil den Namen „Ringstück" gegeben. Verhoeff motivirt diese Namensänderung damit, dafs der Ausdruck Cardo bereits bei den Mundtheilen in Anwendung gekommen und schon darum zu verwerfen sei; ferner würden als „Kapsel" „gewisse verwachsene Parameren-typen" bezeichnet, also sei auch dieser Name zu eliminiren.

Was den ersten Einwurf anbelangt, so ist dieser wohl zutreffend, doch kommt eben bei einer distinkten Benennung einzelner Theile von bestimmten Organen überhaupt recht häufig dieselbe Bezeichnung für ganz entfernt liegende Organe vor; aufserdem kann ich kaum glauben, dafs Jemand, der den Namen Cardo als unterschiedliches Merkmal in der Systematik vorfindet, hierbei sogleich an die Mundwerkzeuge denken würde, da doch in diesem Falle der Ausdruck ‚Cardo' wohl immer nur im Zusammenhang mit anderen Genitaltheilen angezogen werden wird. Den zweiten Einwurf gegen die Benennung unseres Stückes als „Kapsel" möchte ich unterstützen. Deutsche Namen für Gebilde, die eine so aufserordentlich wechselnde Form annehmen, haben immer etwas missliches. Die eigene Bezeichnung Verhoeff's „Ringstück" oder „lamina annularis" möchte ich deshalb nicht acceptiren, weil dieses Stück, wie Verhoeff selbst zugiebt, nur „meist" einen Ring vorstellt. Ferner würde der deutsche Name „Ringstück" in der anatomischen Bezeichnung der einzelnen Theile des Penis auch gänzlich allein stehen, da diese ihre Worte ja sämmtlich der lateinischen Sprache entnimmt oder mixta composita bildet. Ferner klafft dieses "Ringstück" bei dem Hauptvertreter, unserer Vespa, ganz bedeutend, ungefähr auf ein Drittel seiner Peripherie. Es würde also die von Verhoeff empfohlene Bezeichnung mindestens ebenso leicht zu falschen Deutungen Ursache geben können, wie die Benennung Cardo. Dazu kommt, dafs letztere, ohne auf die möglichen Gestaltungsdifferenzen bei den einzelnen Ordnungen, Familien u. s. w. einzugehen, die physiologische Bedeutung recht treffend wiedergiebt. Im Gegensatz zu den anderen Chitingebilden des Copulationsapparates, die sämmtlich mehr oder weniger lang gestreckt sind, ist der Cardo von mehr breiter als langer Gestalt. Einfach in der Form, zeigt er dennoch in den Einzelheiten eine deutliche bilaterale Anlage. Betrachtet man den Cardo, nachdem man ihn von den fixirenden Muskeln und Tracheen befreit hat, von der Rückseite, so bemerkt man nur zwei schwach halbmondförmige, dorsalwärts einander zugeneigte Chitinflächen an beiden Seiten (Fig. 2). Diese gehen plötzlich in eine feine Membran über und bedecken mit dieser eine vollkommen durchschimmernde, überaus kräftige Muskelmasse. Nach der Medianlinie zu ist diese dünne Haut von beiden Seiten her ein wenig vertieft, so dass demnach die zwischen den beiden flankirenden Chitinstücken gelegene Parthie des Genitalorgans eine geringe,

grubenartige Ausbuchtung zeigt. Ganz anders beschaffen ist die ventrale Seite.

In der Mittellinie von einer schwachen Rille (Fig. 1) durchfurcht, treten auf jeder Seite drei buckelartige Erhebungen hervor, welche sich bedeutend weiter nach abwärts erstrecken als die Stipites und auf dem letzten Abdominalsterniten aufliegen. Die Differenz, um welche die Stipites auf der Dorsalseite länger sind als auf der Bauchfläche, wird durch umgekehrte Länge des Cardo wieder gleich gemacht. Während die Länge des Cardo auf der Dorsalseite nur ungefähr ein Sechstel der Gesammtlänge des Zeugungsapparates beträgt, macht dieselbe ventral gemessen fast ein Drittel des gesammten Penis aus, da der Cardo hier haubenartig den obersten Theil der Stipites umschliesst und bis in die Höhe der breitesten Region der Spatha hinabreicht. An Querschnitten zeigt sich im Innern eine Criste, welche der starken Muskulatur einen besseren Ansatz gewährt und in der Medianlinie der Ventralseite verläuft. Diese Criste setzt zuerst als einfache, zapfenartige Verdickung der Wand an, bis sie, schnell wachsend, an den letzten Querschnitten bedeutende Grösse erreicht und bis beinahe in die Mitte des Cardo, vom Kopfe aus gesehen, hineinragt. Das oberste, am meisten oralwärts gelegene Ende des Cardo zeigt, von der darunter liegenden Muskulatur befreit, in der Mitte deutlich eine, von beiden Seiten auf die besprochene Criste zulaufende Chitinverdickung.

Verhoeff's Angabe, dass das „Ringstück“ bei den Wespen ventralwärts klaffe, trifft bei dem Hauptvertreter, bei Vespa, nicht zu. Hier verhält sich die Sache, wie oben geschildert, gerade umgekehrt. Bei dem nächsthäufigsten Vertreter, der Hornisse, ist der Cardo überhaupt nur sehr wenig entwickelt. Das Chitin ist hier verhältnissmässig dünn, etwas elastisch und auf der Dorsalseite fast weiss. Nur die Ventralparthie zeigt schwachbraune Färbung, am deutlichsten an ihrer Ansatzstelle an den Stipites, wo überhaupt nur eine helle Bernsteinfärbung den Cardo erkennbar macht. Will man die dünne Haut, die seitlich und dorsal von der festeren Ventralseite ausgeht und im direkten Zusammenhang mit ihr steht, zum Cardo mit hinzurechnen und nicht als blosse Verbindungshaut ansehen, wie ich es bei Vespa thue, so erhält man bei Vespa crabro in der That einen vollständig geschlossenen Ring, der auch äusserlich diese Form zeigt; bei Vespa germ. ist jedoch der Ring theilweise abgeplattet und dorsal eingedrückt.

IV. Stipites. (Fig. 1 u. 2.)

Die gesammte äussere Gestalt des Copulationsapparates wird wesentlich durch den Bau der die Spatha und Sagittae äusserlich begrenzenden beiden Chitinstücke bedingt. Schmiedeknecht benennt dieses besonders in die Augen springende paarige Gebilde

Stipes, Stamm, Stock; vermuthlich weil es zwar nicht das wichtigste, aber doch das am massigsten entwickelte Stück des Gesammtgebildes repräsentirt. An diesem Stück setzen sich sämmtliche anderen Theile fest an, indem sie es gewissermassen als Stütze benutzen. Ferner bedingt seine Lage zu den übrigen Chitinstücken allein deren Motionsfähigkeit und regelt durch seine im Innern verborgene Muskulatur die auszuführenden Bewegungen. Die äussere Gestalt der Stipites ist bei den einzelnen Hymenopterenfamilien eine recht wechselnde; immer aber richten sich die Verhältnisse zwischen Länge und Breite nach dem Bau des Abdomens, wobei allerdings die Penisbildung das bedingende Moment ist für die äusserlich wahrnehmbare, morphologische Differenzirung. Unsere einheimischen Hummeln besitzen Stipites, welche in ihrem ganzen Bau abgerundeter, plumper erscheinen als die der Wespen; dabei sind sie jedoch nicht weniger differenzirt, sie besitzen im Gegentheil Stücke, welche bei den Wespen gar nicht oder nur andeutungsweise vorkommen. Auch die äufsere Gestalt des Abdomens der Hornisse lässt im Vergleiche zur gemeinen Wespe ein plumperes Copulationsorgan vermuthen. In der That sind die Stipites bei Vespa crabro relativ viel kürzer und runder gebaut als die von Vespa germanica. Betrachtet man einen isolirten Stipes der Hornisse von der äusseren Seite, so erscheint die orale Begrenzungslinie, welche von der Bauchseite schräg nach der Rückenseite aufsteigt, fast genau so lang als die Gesammtlänge des Stipes auf der Bauchseite gemessen. Auch seitlich sind die Stipites von Vespa crabro etwas ausgebuchtet, wodurch ihre rundliche Form noch mehr hervortritt.

Anders der Stipes unserer Vespa germanica. Gleicht das äussere Bild eines isolirten Stipes von Vespa crabro im grossen Umriss, abgesehen von der Grössendifferenz und der feineren Gestaltung, etwa der Schale unserer einheimischen Teichmuschel, so würde der Stipes von Vespa g. mehr mit jener der schmäleren und längeren Flussmuschel sich vergleichen lassen.

Die Länge der Stipites ist auch bei ausgewachsenen Exemplaren eine wechselnde. Im Durchschnitt ist jede Hälfte 4,5 mm lang auf der Dorsalseite gemessen, ventral nur 3,9 mm. Vorder- und Hinterseite entsprechen sich ebenso wenig, wie in der Grösse so auch in der Gestaltung der einzelnen Parthien. Von der Rückenseite mit Lupenvergrösserung betrachtet, zeigt jeder Stipes an der Grenzlinie, mit welcher er an den Cardo ansetzt, eine sanfte Erhebung. Diese verläuft ungefähr in der Mittellinie eines jeden Stipes, bis sie sich im letzten aboralen Drittel etwas verflacht, um darauf nach Innen in einem starken konvergirenden Dorn auszulaufen. Von dieser Stelle an nimmt die Breite schnell ab. Zwei weitere, diesmal divergirende und kleinere Dornen bilden das eigentliche Endstück des Stipes, obwohl zwei Chitinstäbe, welche, mehr der Bauchwand zu, auf der Innenseite entspringen und sich einander ein wenig nähern, darüber hinausragen. Die Farbe dieser Stäbe ist bei allen, jungen wie alten Thieren stets heller als die der Stipites

selbst, so dass man vermuthen möchte, dieselben möchten einst ein selbstständiges Stück gewesen sein. Dieses ganze letzte Viertel, welches bei den Bombiden ähnliche Gestalt besitzt, nennt Schmiedeknecht Lacinia, Zipfel; ein mehr oralwärts gelegenes, zum Theil der Innenfläche aufliegendes Stück Squama. Von letzterem ist bei Vespa g. nichts zu bemerken; höchstens könnte man denjenigen Theil der Innenwand, welcher die Sagittae in der oberen Parthie umkleidet, hiermit identifiziren. Wahrscheinlicher aber ist, dass dieses Stück, welches ja auch nicht einmal bei allen Hummelarten sich erkennen lässt, bei Vespa einfach in Fortfall gekommen ist, während dafür andere Parthien wie die Spatha und die Sagittae zu ungleich grösserer Vollkommenheit gelangten.

Während die Rückenseiten der Stipites die Spatha fast in ganzer Länge frei lassen — nur die obere Verbreiterung wird ein wenig seitlich verdeckt — treten ventral die oberen Ränder mehr zusammen und gewähren einen Einblick nur in den medianen Theil des Endstückes der Spatha.

Auch die Ventralseite endigt in einem Paar etwas divergirender Dornen; dicht über denen die beiden oben erwähnten helleren Stäbe sich ansetzen, welche die Stipites jederseits in eine Spitze auslaufen lassen.

Der Höhendurchmesser bleibt von Anfang bis zum Beginn des letzten Viertels ungefähr der gleiche, durchschnittlich eine Kleinigkeit weniger als 2 mm. Die Farbe des Chitins der Stipites ist tief dunkelbraun; in der untersten Parthie, mit Ausnahme der stabförmigen Verlängerungen, bei alten Thieren vollkommen schwarz. Die innere Fläche ist auf der bauch- und rückenständigen Begrenzungslinie mit Haaren besetzt, welche einen dichten Kamm bilden; ebenso sind die stabförmigen Verlängerungen mit Haaren umkleidet. Die drei Paar Dornfortsätze jedoch bleiben, ebenso wie die ganze äussere Parthie der Stipites, gänzlich frei.

Um die specielleren Details in der Figuration der Stipites und namentlich die innere Wandung genauer kennen zu lernen, bediente ich mich hauptsächlich der Querschnittsbilder. Die ersten Schnitte — ich begann fast immer vom aboralen Ende — zeigen keine wesentlich charakteristische Form. Es werden zunächst der Reihe nach nur die drei Auswüchse getroffen; erst in jener Ebene, welche die Spatha in der ausgesprochenen Lyraform schneidet, trifft man den eigentlichen Körper der beiden Stipites (Fig. 4). Die äussere Fläche zeigt sich konvex gebuchtet; das Chitin ist an dieser Stelle bedeutend stärker und dunkler als an der Innenwand, welche nur in der Mittellinie eine leichte Verdickung erkennen lässt. Diese innere Begrenzung trifft dorsal durch eine dünne, etwas gefaltete Conjunctiva mit der, ein wenig nach innen umgreifenden, Aussenseite zusammen. Auf der Ventralseite wird die Aussenwand durch ein ausgesprochenes Gelenk (Fig. 4. G.) und ein von hier schräg abwärts gerichtetes Chitinstück mit der Innenwand verbunden. Ungefähr in der Höhe der Mitte der Spatha (Fig. 5) gabelt sich

plötzlich die dorsale, etwas nach innen umgebogene Aussenseite. Der untere, neu auftretende Theil hat auf Schnitten ungefähr dieselbe Zipfelform, wie der ihn oben bedeckende; eine feine Conjunctiva verbindet beide. An manchen Querschnitten übertrifft der untere Zipfel den oberen an Grösse, wie denn auch die konvergirende Form nicht selten ausgesprochener ist. Bald jedoch wird dieses Stück wieder schmäler, dann auch kürzer, bis es, immer mehr zurückweichend, ziemlich schnell in die Mitte der Innenwand aufgeht. Das geschieht ungefähr an derselben Stelle, an welcher die Sagittae ebenfalls mit der Innenwand des Stipes verschmelzen und die beiden Stipites selbst auf der Dorsalseite am weitesten nach innen ragen, also an der breitesten Stelle der Spatha. Bei Schnitten durch diese Region zeigt die Innenwand des Stipes drei buckelartige Erhebungen. Die grösste, mehr dorsal gelegene wird gebildet durch das Schlussstück der Sagittae. Die beiden kleineren folgenden sind einestheils der letzte Rest der Duplikatur, anderntheils eine kleine Erhebung in der Mittellinie der Innenwand. Bis hierher war die innere Begrenzung des Stipes deutlich sichtbar und wurde aus mittelstarkem Chitin gebildet. Von hieran geht das Chitin jedoch schnell in eine dünne, elastische und etwas gefaltete Haut über, welche von nun an die Innenwand, vom Rücken bis halb zur Bauchseite hin, bildet. Zu gleicher Zeit ist aber auch die Ventralseite unseres Stipes eine Umbildung eingegangen, die ihre Gestalt ziemlich verändert hat. Die ganze ventral gelegene Parthie ist breiter geworden und die beiden sich entsprechenden einwärts gebogenen Wände haben sich mehr und mehr genähert, bis sie schliesslich einander in derselben Ebene, welche die drei Buckel der mehr dorsal gelegenen Parthie der Mittelwand zeigte, mit ihren Flächen breit berühren. Auch das Haarkleid, welches die gesammte Innenfläche oder doch wenigstens einzelne einander entsprechende Theile der Stipes-Innenwände umgiebt, ist verschwunden.

Diese soeben geschilderten Veränderungen bilden aber erst die Einleitung zu einer gänzlichen Umwandlung der beiden Innenflächen der Stipites. Während bisher die Querschnitte fünf Lumina zeigten resp. drei (nach der Verschmelzung der beiden Sagittae mit den Stipites), verändert sich plötzlich das Bild und der gesammte Copulationsapparat bildet weiterhin nur noch ein einziges Lumen (Fig. 6). Die Entstehungsweise ist folgende: Die Ventralseiten der beiden Stipites, die sich in breiter Fläche einander genähert hatten, lassen plötzlich eine feine Haut zwischen sich sichtbar werden, welche die einander zunächst liegenden zwei Berührungsflächen verbindet. Diese Verbindungshaut ist leicht gefaltet, schwach chitinös, aber ziemlich derb. Gleichzeitig hat auch die Spatha eine Verbindungshaut an ihren seitlichen Flächen mit der mehr dorsal gelegenen Parthie der Innenseite unserer Stipites gebildet. Die Spatha hängt also jetzt in zwei elastischen Häuten an der inneren Dorsalseite der beiden Stipites fest. Zu gleicher Zeit verschwindet ferner die ventrale Begrenzungshaut der Spatha, und somit haben wir

jetzt nur noch ein einziges Lumen. Die Haut, welche die Spatha ventral begrenzte, konnte jetzt in Fortfall kommen, da die beiden in der Spatha freiliegenden Vasa deferentia auf die neu gebildete untere Conjunktiva der grossen Klammern sinken würden, falls eine Lockerung in ihrem Gefüge eintreten würde. Sie vermögen also nicht aus der schützenden Umhüllung herauszutreten. Von hier an hat man es also nur noch mit einem unpaaren Stipes zu thun, der, beiderseits symmetrisch, eine Zeit lang noch als ein verhältnissmässig einfaches Gebilde persistirt. Sehr bald verschwindet das Endstück der Spatha auf den Schnitten (Fig. 6); nur die beiden nach der Bauchseite zugerichteten stabförmigen Verlängerungen derselben sind noch fast bis zum Vorderende des Stipes sichtbar. Der Stipes, der bis hierher so ziemlich dieselbe Breite zeigt, behält diese auch auf der Endparthie bei. Der Höhendurchmesser nimmt schnell ab, doch wird dadurch die Gesammthöhe des Penis nicht vermindert, sondern eher durch den jetzt im Bogen die Ventralseite des Stipes umschliessende Cardo vergrössert (Fig. 6). An der Stelle, genau in der Medianlinie, wo die letzten Reste der hier befestigten Spatha sichtbar waren, zeigt sich an Schnitten, ziemlich am Ende, eine dreizackige, nach innen gerichtete Criste. Ferner wird auf der höchsten (Fig. 6) jederseitigen Erhebung eine lokale Verdickung in Punktform sichtbar. Die Ventralwand hat ebenfalls örtliche Verdickungen, welche auf Schnitten in Zapfenform gegen den Cardo gerichtet sind und daher im Organe wallartige Erhebungen repräsentiren, die aber schnell wieder verschwinden. Die Endschnitte durch den jetzt bedeutend verkleinerten Stipes zeigen noch eine leichte Aufwärtsbiegung der Ventralwand, die also körperlich ebenfalls einen wallartigen, nach innen gerichteten Vorsprung darstellt.

Die Muskulatur der Hartgebilde.

Bisher reichten zum Verständniss der Grösse und Lagerung der einzelnen Theile des Copulationsapparates gut erhaltene Querschnittsbilder vollkommen aus, da ja die Einzelstücke sämmtlich eine mehr oder weniger gestreckte Form besassen. Um aber die Muskeln, deren Ansatzstellen und Grösse, sowie die durch sie bedingte Bewegungsfähigkeit der Theilstücke kennen zu lernen, machte sich fortan eine weitere Behandlung der Hartgebilde durch Schnitte in den beiden anderen Ebenen nöthig. Die Einzelheiten in der Muskulatur werde ich in der Weise zu schildern versuchen, dass ich dieselben in derselben Reihenfolge betrachten werde, wie sie an den einzelnen Skelettstücken inseriren. Ich wende mich zunächst zu dem Bewegungsmechanismus der Spatha.

I. Spatha.

Es ist von vornherein, auch ohne Schnittmethode, klar ersichtlich, dass dieses Organ, welches rechts und links von den grossen und kleinen Klammern ziemlich eng begrenzt wird, seitlich

keine oder doch nur eine geringe Bewegungsfähigkeit besitzen kann. Man kann sich auch leicht überzeugen, dass die Spatha, die ja in der Medianlinie der grossen Klammer fixirt ist, nur eine Auf- und Abwärtsbewegung zulässt. Lebendes Material, welches ich mir zuerst Ende September 1892 verschaffen konnte, liess darüber keinen Zweifel. Die Thiere, welche ich mit einer Feder an den letzten Abdominalringen reizte, liessen bald den Penis theilweise hervortreten — den hierbei wirkenden Mechanismus werde ich später beschreiben — und bewegten die Spatha innerhalb der klaffenden Klammern hammerartig auf und nieder. Die Hebung war die energischere Bewegung, sie ging schneller vor sich als die Senkung; die Spatha stand dann in einem Winkel von über 45^{0} über dem Niveau der Klammern starr eine Zeit lang nach oben empor, um sich später wieder zu senken. Dies Spiel wiederholte sich noch oft, auch nach dem Nachlassen des Reizes. Diese Bewegung ist überhaupt die am meisten hervortretende in der Aktion des Copulationsapparates; die Beweglichkeit der grossen und kleinen Klammern ist dieser gegenüber eine viel beschränktere.

Das Muskelpaar, welches die Hebung der Spatha hervorzurufen vermag, liegt im Innern der Stipites. Ich erlaubte mir bei der Schilderung der stabförmigen Chitinfortsätze, die am proximalen Ende der Spatha von der Ventralseite abgehen, zu bemerken, dass diese Verlängerungen ein wichtiges Moment für die Bewegung der Spatha seien. Von dem verdickten Ende dieser Fortsätze, welche über den medianen Fixationspunkt an den grossen Klammern etwas hinausragen, gehen nun genau in der Querschnittsebene ein paar Muskeln (Fig. 6 l. Sp.) schräg ventralwärts nach dem jederseitigen inneren Rand der Stipites. Diese beiden Muskeln sind zwar nur sehr kurz, aber durch die enge Aneinanderlagerung der einzelnen Fibrillen besonders ausgezeichnet. An Schnitten sind sie als die am intensivsten gefärbten vor allen kenntlich. Die Mechanik der Spatha ist hiernach kurz folgende: Die Spatha stellt einen zweiarmigen Hebel dar. Der kurze Arm, der Kraftarm, ist gabelig getheilt; an ihm sitzen die Gewichte, unsere beiden Muskeln. Der lange Arm, der Lastarm, ist das Gros des Körpers unserer Spatha, von dem, die beiden Hebelarme trennenden Fixationspunkte an bis zum aboralen Ende. Contrahirt sich unser Muskelpaar, so zwingt die Starrheit des Chitins der Fortsätze die Spatha, dorsal sich zu erheben. Der Mechanismus ist bei aller Einfachheit seiner Wirkung doch überraschend sinnig. So lässt z. B. die Gabelung des Kraftarmes an ihren beiden Enden durch ihre Flächenvergrösserung eine massigere Muskulaturentwicklung zu als an einem, wenn auch doppelt so dicken Endpunkt, der dann median liegen müsste. Ferner setzt die Muskulatur fast ausschliesslich am hintersten Ende des Krafthebels an und steht genau im rechten Winkel von dem Lasthebel ab. Unser Doppelmuskel braucht also einen verhältnissmässig nur sehr kleinen Weg zu beschreiben, eine nur geringe Contraktion zu bewirken, um den Lastarm und namentlich das hinterste Ende des-

selben hoch emporschnellen zu lassen. Ferner können auch bei dieser Konstruktion, da der Krafthebel so ausserordentlich kurz ist, die Hebungen viel schneller auf einander folgen, als wenn der Drehpunkt mehr nach der Mitte zu gelegen wäre. Wäre der Vergleich wegen der kolossalen Massendifferenzen nicht etwas gewagt, so möchte ich das Dampfhammerwerk als nach demselben Princip erbaut und funktionirend hier heranziehen. Der einzige Unterschied wäre wohl, dass bei der Spatha der Hammerklotz zwar sehr breit, aber verhältnissmässig sehr leicht sein würde. Dieser Umstand, die Leichtigkeit des Spathakörpers überhaupt, lässt auch einen stark entwickelten Antagonisten, der ein zu weites Abwärtssinken beim Nachlassen der Anspannung seitens unseres besprochenen Muskelpaares verhindern sollte, nicht sehr nothwendig erscheinen. Da jedoch die Spatha auch noch über ihre Ruhelage hinaus sich nach unten unter das Niveau der Stipites zu biegen vermag, so sind solche und zwar in dreifacher Anzahl vorhanden.

Ein Paar dieser Muskeln setzt ebenfalls an derselben Verdickung der Stabfortsätze unserer Spatha an und geht dem Dorsaltheil der grossen Klammern zu (Fig. 6 d. Sp.), wo er sich bis weit nach hinten verfolgen lässt und ziemlich breit endet. Diese Muskeln sind bedeutend schwächer entwickelt als die Hebemuskeln unserer Spatha und bei Schnitten oft nur andeutungsweise zu bemerken. Ihr Hauptzweck ist wohl eher eine Entlastung des ersten Paares, beim Sinkenlassen der Spatha als eine diesem entgegengesetzte Wirkung. Nun wäre die Möglichkeit ja von vornherein nicht ausgeschlossen, dass es die Spatha nach unten zu drücken im Stande wäre, wenn die Hebemuskeln in der Anspannung nachlassen. Für diese Bewegung ist jedoch durch die folgenden stärker entwickelten Muskelpaare hinreichend gesorgt.

Die Spatha, deren freier Körper vom aboralen Ende bis über das Knie hinaus gänzlich frei von Muskulatur ist, zeigt auf Querschnitten, in der Höhe des Anfangs der Endverbreiterung zunächst auf der Ventralseite rechts und links den Ansatz eines Muskels, welcher schräg nach vorn und oben verläuft, und in der Medianlinie der Spatha seine andere Insertion besitzt. Er geht also von hieraus dachförmig nach beiden Seiten abwärts. Der Zweck dieses Muskelpaares kann einzig der sein, die beiden Seiten der Spatha-Verbreiterung einander zu nähern. Hierdurch wird der Querschnitt schmaler und die grossen Klammern können dann ebenfalls, bei der etwaigen Einführung in die Vagina, sich einander entsprechend nähern; der Gesammtdurchschnitt des Copulationsapparates kann also hierdurch verschmälert werden.

Dieses Muskelpaar setzt sich aber ausserdem, wie Sagittalschnitte deutlich zeigen, in das Innere der Stipites fort. Die chitinöse Befestigung unserer Spatha liegt etwas vertieft im Verhältniss zu der vorhergehenden gewölbten Parthie. Auch innerlich markiert sich dies dadurch, dass die Fixationsstelle sich durch zwei halbmondförmige Chitinauswüchse, deren konvexe Seiten einander zugekehrt

sind, nach unten fortsetzt. Um diese Knickung herum setzt sich nun unser dachförmiges Muskelpaar in die Region der Stipites fort; es beschreibt also auf beiden Seiten einen leichten Bogen und setzt sich am beiderseitigen äussersten Ende der Dorsalseite der Stipites an. Contrahirt sich dies Muskelpaar, so wird nothwendigerweise die Spatha sich nach unten senken müssen. Diese Muskeln sind also Antagonisten des zuerst geschilderten, überaus massigen Muskelpaares, der levatores spathae.

Die Wirkung dieses eben geschilderten Muskelpaares wird gesteigert durch ein dazukommendes ferneres Paar, welches ebenfalls die Spatha nach unten zu biegen berufen ist. Das orale Schlussstück der Ventralseite der Stipites, die aber hier nur noch ein Lumen bilden, biegt sich, wie schon geschildert, verdeckt von dem Cardo, etwas nach oben um. An dieser Stelle inserirt jederseits ein Paar Muskeln, welche schräg abwärts auf die Ventralseite der Spatha zulaufen. Diese sind also gleichfalls als Antagonisten des ersten Muskelpaares anzusprechen. In Summa basirt also die Bewegungsfähigkeit der Spatha, und somit auch des eingeschlossenen Penisrohres, auf vier Muskelpaaren. Die Gesammtwirkung dieser Muskeln ist insofern als eine beschränkte anzusehen, als die Spatha allein dorsoventral bewegt werden kann, hier allerdings in einem Winkel, der fast 90° erreicht. Eine seitliche Bewegungsfähigkeit der Spatha ist bei der medianen Lage der Vaginalöffnung durchaus nicht nothwendig.

II. Sagittae.

Da der grösste Theil der paarigen Sagitta, die gesammte von den Stipites frei abstehende Parthie, massiv, ohne Zwischenhäute und Gelenke ist und das Chitin ringsherum eine gleiche Consistenz zeigt, so befindet sich demzufolge auch in dem gesammten freien Theile keine Muskulatur. Erst an jener Stelle, wo die Sagitta jederseits mit der inneren Wandung der Stipites verschmilzt, ist ein Ansatz derselben bemerkbar. Die Richtung dieses Muskelpaares ist schräg nach vorn und aussen, dem Cardo zugewandt. Es endet mit starker Verbreiterung an der Aussenwand der Stipites und lässt sich bis zum proximalen Ende derselben verfolgen. Das beste Bild geben Transversalschnitte von ihm. Auf Querschnitten (Fig. 6 ad Sa.) zeigt es ungefähr in der Höhe des Ansatzpunktes der Spatha die grösste Entwickelung. Die Aufgabe dieses paarigen Muskels ist die Sagitta jederseits nach vorn, nach dem Cardo zu, heranzuziehen. Diese Bewegung wird dadurch ermöglicht, dass an der Insertionsstelle unseres Muskels, an der Innenseite des Stipes, das Chitin eine Strecke lang in Form eines elastischen Bandes sich mit dem Rückentheils verbindet. Die Contraktion bewirkt ferner jederseits eine seitliche Verschiebung der Sagittae. Sie klaffen auseinander und gestatten der Spatha eine freie senkrechte Bewegung.

Ein zweites Muskelpaar, das unsere Sagittae zu heben vermag, inserirt kurz nach der Verschmelzung derselben mit den Stipites. Dieser jederseitige Muskel ist ziemlich kurz, die breite Endfläche ist auf der Ventralwand der Stipites und zwar mehr auf der inneren Seite. Das andere Ende des Muskels inserirt an einer verdickten Stelle der Innenfläche der Stipites. Unser Muskel gehört also eigentlich eher den Stipites an, da er die oben erwähnten Wände einander zu nähern vermag. Mit der inneren Wand der Stipites ist aber das Schlussstück der Sagitta ventralwärts fest verbunden und so ist die Sagitta gezwungen auf den Zug des Muskels durch eine Hebung ihres Körpers am deutlichsten am distalen Theile zu reagiren. Man kann diesen Muskel daher wohl als einen der paarigen Sagitta zugehörigen in Anspruch nehmen.

III. Stipites.

Was die Muskulatur der Stipites anbetrifft, so kann es sich, abgesehen von den bis jetzt erwähnten sechs Muskelpaaren, die ja zum grössten Theile innerhalb der Stipites liegen, nur um solche handeln, die einestheils die Artikulation an dem Cardo und anderntheils die Verengerung des Querschnittslumens eines einzelnen Stipes zu bewirken vermögen. Ich will letztere zuerst besprechen.

Vom aboralen Ende an gesehen zeigen Querschnittsbilder, sobald der eigentliche Körper des Stipites getroffen wird, also nach Passirung der drei Dornfortsätze, einen quer verlaufenden Muskel (Fig. 4 cp. St. 1), welcher etwas schräg von der oberen Seite der äusseren festen Wand nach der inneren, unteren Seite verläuft. Die innere Parthie der Stipites ist, wie bei der Besprechung der Skeletttheile erwähnt wurde, nicht starr, sondern aus einzelnen Stücken zusammengesetzt, welche entweder durch lockere Häute wie an der Ansatzstelle der Sagitta oder durch Gelenke, wie auf der Ventralseite (Fig. 4), miteinander verbunden sind. Unser Muskel bewirkt nun bei Contraktion eine Heranziehung und zu gleicher Zeit eine leichte dorsale Verschiebung des Schlusstheils der inneren Wand eines jeden Stipes. Dieser Muskel ist sehr breit (Fig. 5 cp. St. 2); auf Querschnitten lassen sich die letzten Spuren bis in die Region der Endverbreiterung der Spatha verfolgen. Der Ausdehnung nach ist er also der grösste des Copulationsapparates überhaupt. Seine Kraft kann aber verhältnissmässig nur eine geringe sein, da die einzelnen Fasern ziemlich weit auseinander liegen; so kann man an Schnitten auf einem gleichen Raumtheil, wo der Levator spathae 12—15 Einzelfasern zeigt, hier höchstens 5—6, allerdings etwas dickere Fasern zählen.

Ein zweiter Muskel, der die weiter oralwärts gelegene Region der Innenwand des Stipes nach aussen zu ziehen vermag, ist der an zweiter Stelle erwähnte Heranzieher (Adductor) der Sagitta. Dieser Muskel vermag bei Contraktion das Querschnittslumen des

Stipes in der mittleren Parthie zu verengern; da aber seine Hauptfunktion die Annäherung der Sagittae an die Stipites und eine nach vorn gerichtete Bewegung der Sagittae zu sein scheint, so habe ich ihn bereits vorher aufgezählt. Es verbleibt für den Stipes als eigener Bewegungsmuskel nur der einzige vorher besprochene siebente Muskel. Im Uebrigen zeigen sich die Stipites reichlich von Tracheen durchzogen, welche ihren Ursprung aus dem Cardo nehmen.

IV. Cardo.

Der Cardo umschliesst in seiner Conkavität einen grossen Teil des Bewegungsmechanismus der grossen Klammern. In der dorsalen Parthie, wo das Chitin bekanntlich fehlt, sieht man schon unter Lupenvergrösserung rechts und links zwei Muskeln schräg von oben und aussen nach der Medianlinie hin verlaufen (Fig. 2). Diese beiden setzen ziemlich massig an dem ganzen oberen Rand des Cardo und auch eine Strecke weit im Innern desselben an und gehen jederseits auf die etwas nach innen gelegene Stipeswand, die nicht zu Tage tritt, schräg zu. Hier zeigt, wie bei der Schilderung des Skeletts erwähnt, die mediane Stelle, wo die beiden Stipites zusammentreffen, eine nach innen gehende dreifache dornige Flächenvergrösserung. Innerhalb dieser Fortsätze endigen unsere Muskeln. Bei Contraktion ziehen sie also die beiden Stipites leicht nach oben und bringen dabei in geringem Grade die Klammern zur Verengerung. Unter diesen Muskeln ventralwärts, verlaufen ebenfalls in schräger Richtung nach innen zunächst zwei Tracheenhauptäste, welche mit ihren Verzweigungen den gesammten Copulationsapparat versorgen. Ebenso erstrecken sich weiter ventralwärts, unter ihnen die beiden Vasa deferentia, welche dieselbe Richtung wie die Muskeln schräg nach innen einhalten.

Ferner verläuft von der Ventralwand des Cardo, in seiner Richtung jedoch nicht schräg, sondern gerade nach hinten, ein doppeltes Muskelpaar an die Bauchwand der Stipites. Letztere zeigt zum besseren Ansatz unserer Muskelpaare ebenfalls eine Flächenvergrösserung durch chitinöse Auswüchse (Fig. 6 ch. W.). Die beiden inneren Paare gehen auf die Mitte der Stipites-Wände zu; die äusseren setzen sich an jeder Seitenwand der beiden grossen Klammern an. Abgesehen von einer durch beide Paare bewirkten Annäherung der Stipites, vermögen die äussersten seitlichen Enden unserer Muskeln, die Klammern zum geringen Auseinanderweichen zu zwingen. Diese ventral verlaufenden Muskeln sind also in gewissem Sinne Antagonisten des ersten dorsalen, schräg nach innen gehenden Paares. Zugleich vermögen die drei Muskelpaare aber auch die Stipites, die ja wie in einem Kugelgelenk in dem Cardo gehalten werden, bei abwechselnder Contraktion zu dorsalem und ventralem Heben und Senken zu veranlassen.

Die Hauptaktion der Stipites, das abwechselnde Auseinanderklaffen und die darauf folgende Annäherung wird durch Faktoren bedingt, welche ich wegen ihrer komplicirten Zusammenwirkung erst bei der Besprechung der Gesammtaktion des Genitalorgans näher ausführen werde.

Der Genitaltractus.

I. Ductus ejaculatorius.

Querschnitte, welche durch die Endparthie der Spatha gelegt werden, treffen ungefähr in der Höhe der beiden seitlichen Widerhaken die Ausmündung des Ductus ejaculatorius. Die Wanduug des Ductus ist hier eine dreiseitige. Die ventrale Seite liegt wagerecht auf der Oberhaut der beiden Säckchen, während die beiden andern in einem Winkel von ungefähr 45 ^{0} schräg nach oben ziehen. Die Hypotenuse misst 0,16 mm. Die Gewebe färben sich zwar bei intensiver Anwendung von Tinktionsmitteln, lassen aber keine deutliche Struktur erkennen. Demnach hat man es wohl hier am Ausgang des Ductus mit einer Chitinisirung der inneren Parthie, mit deren Matrix und einer diese beiden äusserlich umkleidenden Haut zu thun. Dorsalwärts ist der Ductus durch eine dünne Haut mit dem Rücken der Spatha verbunden, jedoch nicht aufgehängt, da die Ventralseite fest auf der Oberseite der beiden Säckchen aufliegt. Spätere Schnitte zeigen dann den beginnenden Schwund dieser Membran, bis sie kurz nach dem Auftreten der Widerhaken gänzlich verloren geht.

Der Ductus tritt nun in das Innere der Spatha hinein. Sein Durchmesser, der bei der allgemeinen Einschnürung der Spatha auch geringer wurde — er fiel auf 0,9 mm — hat wieder zugenommen. Die dreieckige Gestalt des Lumens ist in eine rundere, oben und unten etwas abgeplattete Form übergegangen. Während er vorher frei auf der Ventralseite des Löffels endete, ist jetzt, wo er gänzlich im Innern der Spatha liegt, auch ventral eine feinchitinöse Verbindungshaut vorhanden, die ein Herausfallen verhindert. Der Breiten-Durchmesser — hier der grössere — beträgt 0,11 mm. Diese ventrale Verbindungshaut der Spatha zeigt gelegentlich eine Verlängerung an den beiden Seiten nach oben. Die obere Membran der Conjunctiva kommt sehr bald in Fortfall, während dafür die ventral gelegene stärker erscheint und auch häufig sich doppelt (Fig. 3).

An Querschnitten durch diese Gegend wird zuerst die Muskulatur deutlich erkennbar. Der Ductus hat von hieran bis zur Spaltung in die beiden Vasa deferentia kreisrunde Gestalt. Die äussere Schicht wird gebildet durch eine nur schwach entwickelte Längsmuskulatur. Diese Muskeln sind, in Folge der Einwirkung der Reagentien, auseinandergetreten; man erkennt sie deshalb an Schnitten nur stellen-

weise. Am lebenden Thier umgeben sie das Penisrohr ringsherum in einfacher Schicht. Dicht an diese schliesst sich ventralwärts eine stark entwickelte Ringmuskulatur an. Man vermag deutlich vier bis fünf nebeneinander verlaufende Schichten zu unterscheiden, die über- und untereinander greifen und so einen geschlossenen Ring bilden. Innerhalb dieser Muskelmasse findet sich Bindegewebe eingelagert. Die innere Muskulatur ist ungefähr dreimal so dick wie die äussere; ihr fällt demnach die Hauptfunktion, die Durchpressung der Spermatophore zu, in welcher Thätigkeit sie von der sich verkürzenden Längsmuskulatur noch wesentlich unterstützt wird. Diese beiden Schichten sind bis zu den Anhangsdrüsen und den Hoden hinauf an Schnitten zu verfolgen. Bei manchen Individuen tritt eine innere Auskleidung in Gestalt darmzottenähnlicher Ausläufer in das Lumen hinein und schiesst es fast ganz, so dass nur noch eine kleine Oeffnung übrig bleibt. Jedenfalls ist diese Bildung das Resultat einer späteren Veränderung, wie das später noch besonders erwähnt werden wird, da ich gelegentlich auch vollkommen erhaltene Schnitte von Thieren bekam, die nicht die geringste Spur dieser Hervorragungen zeigten. Wahrscheinlich sind diese zottenartigen in das Lumen hineinragenden Massen weiter nichts, als die Produkte der Innenwand der beide Vasa auskleidenden, einzelligen, secernirenden Drüsen (vgl. Cap. II. Vasa deferentia). Bei jenem Individuum, dessen Ductus ausser dem Epithel allein die beiden Muskelschichten zeigte, fand sich an Querschnitten im Lumen ein Klumpen von Absonderungsstoffen; die Geschlechtsdrüsen waren also bei diesem Thiere bereits sekretionsfähig, also ausgebildet.

Häufig werden an Schnitten in dieser Höhe Fettzellen sichtbar, welche in der Höhlung der Spatha hauptsächlich über den Ductus liegen. Diese Zellen kommen stets in mehrfacher Anzahl vor, sie liegen an und übereinander und zeigen im Innern häufig Vakuolen, welche wohl auf die Behandlung mit Alkohol und Benzol zurückzuführen sind. Gelegentlich sieht man auch den Ductus in ein Gerinnsel von Blutmasse eingeschlossen (Fig. 3), welches dann fast das gesammte Lumen der Spatha erfüllt.

Verfolgen wir den Ductus in seiner Gestaltung oralwärts weiter, so zeigt sich zunächst ein Grössenwachthum. Der Durchmesser beträgt jetzt 0,13 mm. Die Muskulatur ist bei den einzelnen Individuen verschieden dick, und auf Schnitten nicht immer gleich deutlich zu sehen. So bleiben die Verhältnisse, mit den eben geschilderten Modifikationen, bis zur Gabelung des Ductus in die beiden Samenleiter.

II. Vasa deferentia.

Wie schon oben erwähnt, gabelt sich der Ductus ejaculatorius in der Höhe des Kniees unserer Spatha in die beiden Vasa deferentia. Auch an diesen zeigen die Querschnitte, je nach den Serien vielfach verschiedene Bilder. Immer ist die Längsmuskulatur an dieser Stelle

fast gänzlich verschwunden, dafür aber die Ringmuskulatur noch massiger geworden. Letztere bildet auch die feine, median verlaufende Scheidewand, welche die beiden Vasa an der Gabelungsstelle von einander trennt.

Zu den bisher besprochenen Geweben tritt nun aber noch ein drittes. An der Stelle, wo im Ductus ejaculatorius die zottenartigen, in das Lumen hineinragenden Sekretmassen auftreten, zeigen die Vasa eine nur wenig gefärbte, blasse, von den Muskeln abstechende Schicht, welche ungefähr den doppelten Durchmesser der beiden äusseren Muskelpartieen zeigt. Dieser Innenbelag wird durch dünne, radiär verlaufende, ziemlich regelmässig von einander entfernt stehende Lamellen in ein vielkammeriges Ringstück gegliedert. Die koncentrische innere Wand (Fig. 7), die also das Lumen des Einzelvas umschliesst, ist durch lokalen Zufluss des Zellinhalts stärker gefärbt und bildet einen dunklen Kranz. Jede der Kammern zeigt mehr oder minder deutlich einen dunkel gefärbten Kern, welcher meist an der dem Centrum entfernten Wandung anliegt. Die Existenz dieser Kerne lässt über die Natur dieser Schicht keinen Zweifel. Sie stellt ein einzelliges Cylinderepithel dar, welches mit seinem polyedrischen, meist sechseckigen Innenbelag die innere Wandung des Einzelvas bildet. Diesen Innenbelag bemerkte ich besonders deutlich an einer Serie von sagittal geführten Schnitten, welche die Innenwand des einen, etwas gekrümmten Vas schräg trafen (Fig. 9).

Auch an dieser Serie folgten wieder von aussen nach innen die Längsmuskelschicht, hier etwas stärker entwickelt; auf diese, im Bindegewebe eingeschlossen, die Ringmuskulatur. Dann folgt die oben besprochene Zellenschicht, welche ungefähr den doppelten Durchmesser der beiden vorhergehenden Schichten besitzt und sich ebenfalls, wie in dem oben geschilderten Fall, aus einzelnen, im Kreis stehenden Zellen zusammensetzt. Während aber bei den vorher erwähnten Befunden deutlich die Zellkerne sichtbar waren, vermochte ich in diesen Zellen letztere nicht mit Sicherheit zu erkennen; dagegen zeigen sie sich fast sämmtlich von einer intensiv gefärbten Masse gefüllt, welche beinahe das ganze Lumen der einzelnen Zellen ausfüllt. Die Zellen haben durchweg eine flaschenförmige Gestalt und stehen, radiär nach innen, mit der Basis auf einer feinen Limitans, welche sie von der Ringmuskulatur trennt. Die Ausmündungsstelle, der Hals der flaschenförmigen Zelle zeigt überall eine lokale Verdickung der Zellwandung. Bei diesen Befunden zeigt also diese dritte, innere Schicht des Vas deutlich den Charakter von einzelligen Drüsen. Man kann wohl mit Sicherheit annehmen, dass diese Bildung eine spätere ist, als die vorher beschriebene. Das Thier, von dem dieser Befund herrührte, ist älter gewesen, und die sämmtlichen Zellen der Epithelschicht haben sich hier während des freien Lebens in einzellige Drüsen umgewandelt.

Nun gelang es mir aber auch Serien anzufertigen, welche, abgesehen von der hier gleichfalls vorhandenen Ring- und Längs-

muskulatur, ein gänzlich anderes Bild boten (Fig. 8). Die dritte Schicht ist bei diesen Schnitten besonders stark entwickelt. Dicke, intensiv gefärbte Stränge laufen radiär von der Ringmuskulatur centralwärts und lassen zwischen sich je ein gleich langes Lumen frei. Diese Stränge setzen an der Ringmuskulatur etwas breiter an, um sich, dem Lumen des Vas zu, langsam zu verschmälern. An diesen breiten Enden bemerkte ich bisweilen deutlich einen Kern innerhalb des Stranges eingelagert. Wir haben es also bei diesen Befunden mit den nunmehr kollabirten und lang ausgestreckten Drüsenzellen zu thun, die, in dem vorher geschilderten Fall noch prall gefüllt, die Innenwand eines jeden Vas deferens bildeten. Hier in diesem dritten Entwickelungsstadium haben sich die Zellen entleert; die Sekretmasse bildet ein ringförmig sich einlagerndes Band von dunklerer Färbung und ziemlicher Breite, durch welches hindurch die feinen Ausläufer der kollabirten Zellen in das Lumen des Vas hineinragen. —

Verfolgen wir die Vasa in ihrem Verlauf weiter oralwärts, so zeigen sie sich, umgeben von den oben beschriebenen Muskeln, in schräger nach vorn divergirender Richtung ungefähr in der Mitte des Cardo gelagert. Bald verlassen sie auch letzteren und ragen nun ein kurzes Stück frei in die Leibeshöhle hinein, um sich dann sehr schnell mit den dicht über dem Cardo gelegenen Anhangsdrüsen zu verbinden, aus denen sie, morphologisch, ihren Ursprung nehmen.

Anhangsdrüsen und Hoden.

Die Anhangsdrüsen (Fig. 1 u. 2) stellen bei Vespa je eine fast ringförmig geschlossene Schlinge dar, welche mit der Unterseite theilweise auf dem Chitin des Cardo aufliegt. Die Drüsen sind ziemlich voluminös, bei frisch getödteten und gut konservirten Thieren prall gefüllt, schwach durchsichtig und von gelblich weisser Farbe. Anfangs an der Verbindungsstelle mit den Vasa ziemlich eng, erweitern sie sich schnell und treffen mit ihren stumpfen Enden auf der Dorsalseite des Cardo fast zusammen. Bisweilen ist dieses Ende leicht nach oben gerichtet, oft hängen aber auch beide Drüsen nach unten über den ventralen Theil des Cardo herab. Betrachtet man die Anhangsdrüsen in ihrer natürlichen Lage von vorn oder hinten, so sieht man, dass ihre äussere Begrenzung so ziemlich den Umfang der Peniskapsel entspricht; nur seitlich ragen sie bisweilen über das Niveau der Stipites hinaus. Im natürlichen Zustand liegen sie, von dem Enddarm verdeckt, in einem dichten Gespinnst von Tracheen, welche auch schwache Aeste bis an die Wand derselben senden. Ein Herauspräpariren der Drüsen muss deshalb mit grosser Vorsicht geschehen, da sonst die Vasa leicht an der Mündungsstelle in den Cardo abreissen. Auch der Fettkörper, der ja alle inneren Organe umgiebt, erschwert die Untersuchung bei frischen Exemplaren. Bei konservirten Thieren hat der Alkohol in dieser Be-

ziehung günstig eingewirkt. Die Muskulatur ist, wie gewöhnlich an den Anhangsdrüsen der Insekten, vorhanden. Besonders stark ist die Ringmuskulatur an der trichterförmigen Uebergangsstelle in das Vas deferens. Nach innen folgt die einzellige Drüsenschicht, deren Epithelzellenbelag das ganze Organ auskleidet.

Ueber die Bedeutung dieser Anhangsdrüsen ist man lange Zeit im Unklaren gewesen. Recht vage Ideen tauchten auf, so sollte z. B. durch dieselben eine Parfümirung des Samens (!) besorgt werden. Mehr Wahrscheinlichkeit hatte die Annahme, dass die Anhangsdrüsen eine Verdünnung des Sperma zu besorgen hätten. Auch diese Ansicht ist heute wohl ziemlich allgemein aufgegeben. Dagegen sprachen vor allen Dingen die Untersuchungen Leuckart's, der bei der Biene nachwies, dass das Receptaculum bei der Königin mit einer dicht gedrängten unverdünnten Masse von Samenfäden, die er auf 30 Mill. schätzte, gefüllt sei. Leuckart war es auch, der zuerst die Meinung aussprach, dass die Drüsen eine Kittmasse absonderten, welche zur Bildung der Spermatophoren diene. Zu dieser Ansicht bekennt sich heutzutage wohl die überwiegende Mehrzahl der Forscher.

Im letzten Abschnitt der Anhangsdrüsen mischt sich deren Sekret mit dem Sperma der Hoden (Fig. 1 u. 2). Die letzteren sind von fast derselben Grösse wie die Anhangsdrüsen. Ihre Farbe ist weiss, noch ausgesprochener als die der Nervenganglien, welche dicht benachbart jederseits einen ansehnlichen Ast in den Cardo senden. Die Hoden liegen fast in ganzer Länge auf der Oberseite der Drüsen auf; auch zeigen sie ungefähr die gleiche, halbmondförmig gebogene plumpe Cylinderform. Während aber die Anhangsdrüsen, dorsal gesehen, zuerst sich nach unten und dann im Bogen nach aussen und oben wenden, steigen die Hoden von den beiden Vasa aus nach oben, um sich dann ebenfalls in halbmondförmigem Bogen nach unten zu wenden. Oefters bemerkte ich an dem verdickten, nach innen gerichteten Theil der Hoden auf jeder Seite, ziemlich am Ende, ein kleines Hörnchen, welches oralwärts emporsteht. Dieser kleine Anhang ist etwas zugespitzt, von ganz geringem, immer gleich bleibendem Durchmesser und zeigt im Innern das gleiche Epithel wie die Hoden. Manchmal sind diese Gebilde auch stärker entwickelt, so dass ihre Länge fast der Hälfte des gestreckten Hodens gleichkommt. In diesem Falle sind sie aufgerollt und bilden eine doppelte Schneckenwindung; die Spitze ist im Körper stets nach vorn gerichtet.

Oefters ist einer der beiden Hoden stärker entwickelt als der andere, bald der rechte, bald der linke; in diesem Falle sind auch die Anhangsdrüsen auf derselben Seite massiger entwickelt. Dieses einseitige Grössenwachsthum lässt sich auf Querschnitten dann auch an den Samenleitern bis in die Spatha hinein verfolgen. In einem Falle fand ich das Lumen des einen Vas fast doppelt so gross als das des anderen. Die Hoden sah ich stets dicht mit Sperma gefüllt; auch dann, wenn die Wespen eine Reihe von Tagen lebend

blieben. So sah ich unter Andern bei einem 6 Tage isolirt gehaltenen, dass die Spermatozoen sich in drei Bündeln eng aneinander gelagert hatten. In den Anhangsdrüsen befanden sich nur wenige, und auch diese konnten wohl bei der Präparation durch die unvermeidliche Compression aus den Hoden herausgedrückt worden sein. Die Verhältnisse liegen also hier anders als bei der Biene, wo nach Leuckart's Untersuchungen das Sperma bereits im Puppenstadium gebildet wird und die Hoden beim freilebenden Thier kollabirt sind. Das Sperma hat sich dann in dem mächtig erweiterten unteren Ende der Samenleiter wie in einer Samenblase gesammelt.

Ruhelage und Funktion des Genitalorgans.

Der gesammte Copulationsapparat unserer Wespe ist, wie der der Biene im Gegensatze zu dem Verhalten anderer Ordnungen der Hymenopteren, gänzlich im Abdomen eingeschlossen. Während die Blatt- und Gallwespen, so wie die Ichneumoniden im männlichen Geschlecht einen Theil der Genitalorgane auch in der Ruhelage hervortreten lassen, bemerkte ich letzteres nur selten bei frei im aufgedeckten Bau herumkriechenden Thieren. Fast allgemein sind selbst die terminal gelegenen Theile soweit in das Innere des Abdomens eingezogen, dass man, von oben, unten und den Seiten aus, nichts mehr davon zu bemerken im Stande ist. Nur aboral gesehen, zeigen sich tief im Innern der stets etwas klaffenden Geschlechtsöffnung, die fünf dunklen, untereinander sich bewegenden Chitinstücke, welche die letzte Parthie des Genitalorgans bilden. Bei der verhältnissmässig beträchtlichen Grösse, welche die Genitalien zeigen, gewinnt es somit den Anschein, als wenn die Anheftung derselben im Abdomen, die doch nothwendig ist, an einer weit nach vorn gerückten Stelle stattfinde. Dadurch aber würde die Beweglichkeit des Organs in actu bedeutend herabgesetzt werden und ein weites Hervorstülpen der Chitinmasse aus dem Körper nicht gut möglich sein. Letzteres aus dem einfachen Grunde, weil die Segmente, an denen die Fixation stattfindet, sich nur in beschränkter Weise ventral krümmen könnten. Nun bemerkt man aber beim lebenden Männchen, dass es bei Reiz an der Geschlechtsöffnung oder bei Berührung des Abdomens, die Genitalien, bis zum Cardo hin frei hervortreten lässt. Schon dieser Umstand zwingt zu der Annahme, dass die Fixation bei unserer Vespa gewisse Besonderheiten zeigen werde. In der That ist dem so. Der Copulationsapparat unserer Thiere ist an dem letzten Sterniten des Abdomens in einer Weise befestigt, die eine nähere Beschreibung erfordert.

Beim Freipräpariren der Genitalien bemerkt man, dass unter den Chitinstücken, über der letzteren äusserlich sichtbaren Ventralschiene des Abdomens noch ein sonst fast gänzlich verdecktes Bauchstück verborgen liegt. Diese Platte bewahrt im grossen

Ganzen dieselbe äussere Gestalt, wie sie den anderen Sterniten zukommt. Sie ist abwechselnd gelb und schwarz gezeichnet und zeigt die gewöhnliche Krümmung der anderen Bauchschienen. Bei näherer Betrachtung fällt es jedoch auf, dass der hintere, grössere Theil derselben in Gestalt und Farbe der vorderen Parthie auffallend ähnelt. Während die anderen Schienen schwarz und gelb gezeichnet sind, zeigt unser letztes Sternit diese Farben in doppelter Reihenfolge hintereinander. Auch bemerkt man jederseits seitlich eine Duplikatur der Muskeln, welche bei anderen Bauchschildern die Verbindung mit den Seiten- und Rückenschienen vermitteln. Dazu kommt, dass man mit der Nadel deutlich eine querverlaufende Criste wahrnimmt und zwar an der Stelle, welche die vordere und hintere Parthie von einander trennt. Es gelang mir nun, indem ich die beiden, durch diese Criste getrennten Theile, mit Pincetten fasste und auseinanderzog, genau in dieser Linie die beiden anscheinend fest verwachsenen Theile von einander zu trennen. Wir haben es also bei dieser letzten Ventralschiene mit einer Doppelbildung zu thun, die auf das Zusammenwachsen zweier, ursprünglich getrennter Sterniten zurückzuführen ist. Von der Mitte der Hinterplatte nun geht ein ziemlich schmales, aber langes und allmählich sich verdünnendes Spiculum nach vorn. Es überragt im Ruhezustand des Thieres das vorhergehende Bauchsegment und wird, wenn man das Abdomen nach unten krümmt, wie es doch bei der Begattung geschehen muss, bis in die Höhe des dritten Segments nach vorn geschoben. Der dreieckig begrenzte freie Raum, welcher von dieser Stange und der Vorderseite der zu ihr gehörigen Bauchplatte jederseits gebildet wird, ist durch eine glashelle feine Membran ausgefüllt, welche auch den Zwischenraum zwischen den letzten beiden zusammengewachsenen Bauchplatten füllt.

Das Spiculum ist der eigentliche Stützpunkt des Genitalorgans; auf ihm und natürlich auch auf der Doppelschiene, der es entspringt (der verschmolzenen siebenten und achten Ventralplatte) gleitet der Copulationsapparat in actu auf und nieder. Die Stange selbst ist gehöhlt und fast so hoch als breit; an ihrem Ende zeigt sie eine pfeilspitzenähnliche schwache Verdickung, welche zum Ansatz zweier ausserordentlich flächenhaft entwickelter Muskeln dient.

Wie ich bei der Beschreibung der Hartgebilde anführte, zeigt der Cardo auf seiner Ventralseite, in der Mittellinie eine leichte Conkavität. Mittels dieser Rinne liegt im Ruhezustand der Cardo auf dem Körper des Spiculum. Festgehalten wird der Cardo durch die zwei oben erwähnten fächerförmig ausgebreiteten Muskeln, welche an den beiden ventralen Buckeln des Cardo inseriren. Diese Muskeln wenden sich also seitlich und auch etwas nach vorn. Sie fixiren demnach nicht nur das Genitalorgan im Abdomen, sondern zwingen auch bei eintretender Contraktion den Cardo und die an ihm haftenden Stücke nach hinten zu treten. Diese Muskeln würden also, auch ohne Dazukommen der anderen Faktoren, welche die Genitalien aus dem Abdomen heraustreiben, bereits eine geringe

aborale Verschiebung des gesammten Genitalorgans bewirken können. Die hauptsächliche Aufgabe dieser Muskeln ist jedoch, da sie den Cardo dem Spiculum nähern, ihn also nach unten biegen, die Endstücke des Genitalorgans nach oben sich erheben zu lassen.

Ein zweites Muskelpaar inserirt seitlich an den Cardo-Wänden. Dieses Paar, bedeutend schwächer entwickelt als das eben geschilderte, geht von den beiden seitlichen Ausbuchtungen des achten Segmentes aus direkt nach oben und inserirt seitlich an den Cardo-Wänden, etwas weiter nach hinten, als die dem Spiculum angehörige Muskulatur. Dieses Paar zieht also bei Contraktion den Cardo ebenfalls nach der Ventralseite des Abdomens herab; hierdurch werden sämmtliche dem Cardo anhängende Stücke gezwungen, sich nach oben zu erheben. Die Muskeln wirken demnach der Krümmung des Abdomens, die das Geschlechtsorgan ja ebenfalls nach unten herumdrückt, entgegen.

Zu der Fixation des Genitalorganes sind ausser diesen zwei Muskelpaaren noch zwei andere Faktoren hinzuzuzählen. Die Genitalien werden durch eine feine, locker gefaltete Haut mit der Leibeswand verbunden. Diese Conjunctiva geht von den letzten Sterniten und Tergiten auf den Cardo zu und setzt sich hier an der Rinne, welche zwischen dem Cardo und den Stipites gebildet wird, ringsherum fest an.

Eine zweite Verbindung mit dem Körper, freilich eine solche ohne mechanischen Werth, wird durch die Innervation hergestellt. Das letzte Ganglienpaar befindet sich dicht an dem oralen Ende des Cardo. Von hier aus gehen zwei dicke Nervenstränge in das Innere des Cardo hinein. Sie liegen direkt unter den oben erwähnten ebenfalls doppelten Tracheenhauptästen. Wäre nun dem in der Ruhelage schräg nach vorn gerichteten Muskelpaare des Spiculum, wie es zuerst den Anschein hat, die Aufgabe zugewiesen, den Penis herauszustülpen, so würden nothwendigerweise diese beiden Nervenstränge, bei gestreckter Lage des Abdomens, dicht an dem Cardo abreissen müssen. In der That fand ich auch zweimal im aufgedeckten Nest Männchen herumkriechen, deren Copulationsapparat weit heraushing und nachgeschleift wurde. Bei der Sektion erwies sich, dass die äusseren Muskeln, welche das Genitalorgan festhalten, zum Theil intakt waren; das letzte Ganglienpaar haftete jedoch an dem Cardo, der Zusammenhang der Genitalnerven mit dem Körper und damit zugleich die Innervation des Copulationsapparates vom Bauchstrang aus, war unterbrochen. Ich glaube übrigens annehmen zu können, dass in diesen beiden Fällen die Genitalien einfach durch äussere Eingriffe irgend welcher Art losgetrennt wurden. Bei dem bunten Durcheinander, welches bei der Aufdeckung eines Nestes eintritt, ist es leicht möglich, dass die Genitalien, die in Folge der Reizung hervortreten, von anderen Thieren erfasst und bei dem verhältnissmässig nur lockeren Zusammenhang mit dem übrigen Körper herausgerissen, resp. verstümmelt werden.

Mit den oben geschilderten beiden Muskelpaaren ist übrigens die Zahl der das Copulationsorgan direkt bewegenden Faktoren so ziemlich erschöpft. Es erübrigt nur noch diejenige Muskulatur zu erwähnen, welche die Verengerung der Genitalöffnung bewirkt, in gewisser Hinsicht also gleichfalls den Bewegungsmechanismus der Genitalien vermittelt. Bei der Hervorpressung des Copulationsorganes drücken diese Muskeln nämlich die seitlichen Ränder des dorsal-klaffenden Cardo zusammen und zwingen hierdurch die Stipites dem Druck in entgegengesetzter Richtung zu folgen. Durch diese äussere, nicht direkt dem Geschlechtsapparate angehörige Muskulatur wird also zum grössten Theil die Hauptaktion der Stipites, das abwechselnde Oeffnen und Schliessen bewirkt, zumal die in dem Cardo eingeschlossene Muskulatur in der Hauptsache nur eine dorsoventrale Bewegung der Stipites auszuführen im Stande ist.

Hiernach sind es also drei Paar äusserlich herantretende Muskeln, welche den Copulationsapparat in toto bewegen, wogegen die Zahl der im Innern der Hartgebilde verborgenen Muskelpaare sich auf 10 beläuft.

Bei der Aktion des Copulationsorgans ist jedoch die Mitwirkung der Muskeln nur von nebensächlicher, untergeordneter Bedeutung. Das Hervortreten der Chitinmassen wird durch einen anderen, äusserlich weniger bemerkbaren und nur am lebenden Thier sichtbaren Faktor bewirkt. Es ist dies der Blutdruck. Bringt man ein Männchen, welches das Genitalorgan eben herausstreckt — und das thun auf Reiz sämmtliche — unter die Lupe, so bemerkt man, wie sich die Seitenwände des Abdomens, namentlich in der vorderen Parthie, zu gleicher Zeit einander nähern; ohne dass der Höhendurchmesser sich merklich verändert. Die Blutmasse, welche aus der vorderen Parthie des Abdomens herausgepresst wird, ergiesst sich nach hinten in das die Genitalien umgebende, rings geschlossene Abdominalende. Der hierdurch hervorgerufene Druck, zugleich wohl auch eine damit Hand in Hand gehende Füllung der weiten Tracheen des Genitalorgans, zwingt letzteres, aus dem Körper herauszutreten. Das Thier hat es übrigens in seiner Gewalt, den Druck beliebig nachzulassen, da es nur die dorsoventral verlaufenden Muskeln, welche Tergiten und Sterniten verbinden, zu kontrahiren braucht, um den Durchmesser des Abdomens wieder in der früheren Weise zu gestalten. Geschieht solches, so gleitet auch das Genitalorgan unter gleichzeitiger Beihilfe der Muskulatur wieder in die Ruhelage zurück.

Soweit ich die Verhältnisse bei der Aktion der Genitalien bis jetzt zu schildern versucht habe, lassen sie sich durch Beobachtungen am lebenden Thier oder durch Befunde am todten konstatiren. Ich hielt es jedoch von Anfang an für sehr wünschenswerth, möglichst ein in Copula verhängtes Paar zu erlangen, um mit Sicherheit auf die Thätigkeit der einzelnen Theile der Chitingebilde schliessen zu können.

Leider ist es mir trotz vielfacher Beobachtungen in der Nähe stark beflogener Nester während dreier Septembermonate niemals gelungen, eine Wespenkopula zu bemerken oder gar der verhängten Thiere habhaft zu werden. Ich muss mich bei diesem Missgeschick mit den Erfahrungen von Boas trösten, der die Genitalien des ♂ Maikäfers untersuchte. Wohl fand Boas kopulirte Thiere in ungezählter Menge, wie es ja natürlich ist; er musste aber trotzdem eingestehen, dass es ihm trotz wochenlanger Beobachtung niemals gelungen ist, die Einleitung der Copula und das Einführen des Penis in die Vagina zu sehen. Seine Angaben über die Aktion des Penis in Coitu sind daher blosse Vermuthungen, die er mit seinen sonstigen Beobachtungen und namentlich auch mit seinen Befunden bei Trennung der kopulirten Pärchen begründet.

Auch sonst sind die Berichte über die Copula der Wespen überaus dürftig und nur gelegentlich in entomologischen Zeitschriften niedergelegt. Vielfach wiedersprechen sich auch die Mittheilungen in wichtigen Punkten. Nach Gravenhorst reitet das Weibchen während der Copula auf dem Männchen. Die Verhängung ist sehr innig und andauernd. Das endlich abgestreifte Männchen zeigt in der klaffenden Geschlechtsöffnung einen feinen weissen Faden; es kommt dem Verfasser vor, als wenn Theile aus dem Innern herausgerissen seien[1]). Trotzdem lebte das Männchen nach der Trennung der Copula noch elf Tage. Nach der Ansicht Gravenhorst's besteigt das Weibchen das Männchen im Fluge. Nach anderen Verfassern ist die Haltung der kopulirten Thiere die gerade entgegengesetzte. So lässt Scholz das Männchen bewegungslos während des Fluges auf dem Weibchen sitzen.

Petrich lässt die Copula nicht während des Fluges, sondern auf der Erde stattfinden. Die Königin öffnet und schliesst abwechselnd die Geschlechtsöffnung. „Kaum berühren sich die beiden Hinterleibsspitzen, so drückt die plattaufliegende Königin die letzten Hinterleibsringe ein wenig nach links, während das angreifende Männchen dieselben nach rechts bog, und die Verhängung war fertig.“ Mir ist es am wahrscheinlichsten, dass die Begattung analog der der Hummeln, welche ja sehr ähnlich gebaute Copulationsorgane besitzen, zuerst auf fester Grundlage, auf einem Holzstamm oder Stein im Freien eingeleitet wird. Hierbei reitet das Männchen auf dem Weibchen. Nach Einführung der Chitinstücke in die Vagina beginnt der Hochzeitsflug, und die Verkettung hält dann

---

[1]) Ob dieser Angabe nicht die vermeintliche Analogie mit dem Verhalten der ♂ Biene, deren Begattungsapparat während der Verhängung abreisst, zu Grunde liegt, dürfte a priore schwer zu entscheiden sein. Jedenfalls aber ist Bau und Mechanismus der Genitalien bei der männlichen Biene so abweichend, dass das Verhalten unserer Wespen in coitu ein ganz anderes sein muss.

stundenlang an[1]). Nach erfolgter ejaculatio seminis verendet das Männchen, da es seinen Lebenszweck erfüllt hat, wie alle anderen männlichen Insekten sehr bald. Wieweit bei der Verhängung das Genitalorgan des Männchens in die Vagina eingeführt wird und wieweit die besonders angewiesene Funktion der einzelnen Theile geht, dafür existiren in der Litteratur überhaupt keine Nachrichten. Die Genitalwege des Weibchens geben hierüber auch nur bedingten Aufschluss. Zwar hat schon seit längerer Zeit die Ansicht besonders Anklang unter den Entomologen gefunden, dass die weiblichen Genitalien, z. B. der Bombiden immer im Bau durchaus ähnlich denen der Männchen sein müssten. Der Hauptvertreter dieser Ansicht ist unter den Neueren Hoffer; er glaubt mit dieser Annahme beweisen zu können, dass durch die Analogie der Genitalien beider Geschlechter einer Vermischung der Arten vorgebeugt werde. Hoffer behauptet sogar, dass überhaupt ein Barstardiren in Folge dessen gänzlich ausgeschlossen sei. Dem widersprechen aber die Befunde zahlreicher anderer Forscher wie Smith, Gerstaecker, Schmiedeknecht, v. Aigner etc., die man doch wohl nicht von der Hand weisen kann. Nach meinen Befunden an lebenden Wespenköniginnen und Hummelweibchen halte auch ich die Meinung, dass eine Copula zwischen nahe verwandten Arten stattfinden kann, für sehr wahrscheinlich; ob freilich eine solche stets erfolgreich sein wird, steht dahin. Das nach vielen Autoren gar nicht seltene Vorkommen von Bastarden möchte jedoch immerhin dafür sprechen. Das Endstück der weiblichen Genitalien ist übrigens bei Bombus und Vespa den äusseren Grössenverhältnissen des männlichen Copulationsapparates ungefähr entsprechend. Nimmt man freilich an, dass das männliche Genitalorgan auch in der Vagina noch lebhafte Bewegungen vornimmt — und wozu wäre denn sonst die ausgiebige Extensionsfähigkeit der Stipites und die Beweglichkeit der Spatha da, falls etwa alle diese Theile eingeführt werden — so muss man auch zugeben, dass die Vaginalhäute den Bewegungen des Penis nachgeben müssen, also dehnbar sind. Nun sind aber bei den einzelnen Arten die Genitalien oft nur wenig von einander verschieden, vielleicht nur in Betreff der Grösse und Lagerung der einzelnen Theile, so dass ich mich fast zu der Annahme berechtigt glaube, man habe in der Entomologie eine viel zu reichliche Artenunterscheidung auf Grund des Genitalbefundes eingeführt. Wieweit man aber in der Aufstellung neuer Arten gegangen, beweist allein schon der Umstand, dass von der kleinen Blumenbienengattung Sphecodes ein Autor, Dr. Sichel 3 Arten, Prof. Förster dagegen deren 232 unterschied.

---

[1]) Geh. Rath Leuckart theilt mir mit, dass er auf der Insel Seeland einst ein Hornissenpaar von einem Buchenstamm auffliegen und nach kurzer Zeit auf einem weiteren sich niederlassen sah. Leider liess das Pärchen sich nicht haschen. Es wurde auch nicht konstatirt, in welcher Haltung die Thiere aneinander hafteten.

Für viele Entomologen spielt bei der Aufstellung neuer Arten die Vagina in ihren Differenzirungen genau dieselbe massgebende Rolle wie der Penis. Hier herrscht immer die Annahme vor, dass die weibliche Geschlechtsöffnung durch Ausbuchtungen in ihrer Figuration genau der Form und den Grössenverhältnissen des männlichen Genitalorgans angepasst sei. Nun ist aber die Scheide der weiblichen Hymenopteren muskulös, und wo Muskeln sind, kann auch beliebige Ausdehnung und Zusammenziehung, also Grössenveränderung eintreten. Auch ist selbstverständlich je nach Grösse des Individuums, und diese schwankt bei derselben Art recht erheblich, auch die Vagina denselben Grössenveränderungen unterworfen. Vor allen Dingen ist es aber ein Umstand, der bei dieser Theorie von den Systematikern vollständig übersehen ist. Die Vagina dient nicht nur zur Aufnahme des Penis, sondern muss auch zur Eiablage geeignet sein; sie muss bei diesen beiderlei Funktionen auch ihr Lumen bedeutend verändern können und dies besonders dann, wenn nicht blos die Spatha, sondern der ganze Copulationsapparat eingeführt werden sollte. Schon aus diesem Grunde allein kann sie unmöglich eine dem männlichen Geschlechtsglied allein entsprechende Form zeigen. Wie sehr aber die männlichen Genitalien bei derselben Art, hier unserer Vespa germ. schwanken, das habe ich bereits bei der Schilderung der Hartgebilde erwähnt. Hier lag bald die Spatha über, bald unter den Sagittae. Die Letzteren waren bald länger, bald kürzer als das Mittelstück. Dazu kommt, dass die innere Begrenzungswand der Stipites gelegentlich durch Laxation der Muskeln nach innen heraus tritt und so ein gänzlich verändertes Gesammtbild der Genitalien vortäuscht. Ebenso ist bei älteren Thieren die sonst feine Haut, welche den Cardo auf der Dorsalseite umkleidet, stark verdickt; es sind ferner die Spitzen der Stipites am aboralen Ende fast niemals gleich lang; kurz es finden ausserordentliche Mannigfaltigkeiten in der Figuration des männlichen Zeugungsgliedes statt.

Wenn ich hier auf die angeblich genau sich entsprechende Analogie der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane etwas breiter eingegangen bin, so war mein Zweck der, einer Artendistinktion entgegenzutreten, die sich allein oder doch fast allein auf der Basis der Genitalbildung aufbaut. Dabei liegt es mir gänzlich fern verkennen zu wollen, dass die Verschiedenheiten im Bau der Copulationsorgane eine Vermischung nicht allzunaher Arten zu verhindern im Stande sind. Ob es aber allein die Geschlechtsorgane sind, die hier massgebend erscheinen und nicht noch mancherlei andere, weniger auffallende und leicht erkennbare Faktoren dabei konkurriren, ist eine andere Frage. Ich erinnere nur an die Beobachtung Eimer's, der zufolge die Samenfäden der nahe verwandten rana temporaria und viridis eine gänzliche Verschiedenheit besitzen. Warum sollte nicht auch bei den, mit so hoher Vollkommenheit organisirten Insekten eine gleiche Differenzirung bis ins Kleinste möglich sein? Ebenso sprechen auch die Untersuchungen

Leuckart's über den Bau der Mikropylen bei den Insekteneiern für eine derartige Ansicht, da diese so ausserordentlich verschiedene Strukturen auch bei nahe verwandten Arten zu erkennen gaben. Was aber in dem einen Geschlecht stattfindet, ist im anderen, bei dem entsprechenden Organ mindestens als möglich vorauszusetzen.

Jedenfalls lässt sich, um es kurz zu wiederholen, aus den Verschiedenheiten im Bau der äusseren Geschlechtsorgane allein, nicht die Aufstellung und Absonderung neuer Arten bei den Hymenopteren begründen. Ebensowenig bieten die Differenzirungen der Genitalien, wie fast sämmtliche Systematiker seit den letzten Jahren annehmen, ein sicheres Entscheidungsmittel bei Streitigkeiten, über die specifische Natur zweifelhafter Formen. Belehrten mich doch meine Untersuchungen über den Bau des Copulationsorgans unserer Vespa, dass selbst bei Verwandten allerengster Art in diesem Fall bei Brüdern, die äusseren wie inneren Copulationsorgane eine vielfach wechselnde Form annehmen können. Auf Grund dieses Umstandes aber glaube ich zu der Annahme berechtigt zu sein, dass auch andere Hymenopteren wie besonders die Bombiden, welche im äusseren Bau der Genitalien eine ausgesprochene Aehnlichkeit mit unserer Wespe erkennen lassen, untereinander mindestens in gleichem Grade derartigen Verschiedenheiten unterliegen.

Technik.

Bei der ausserordentlichen Stärke und Widerstandsfähigkeit, welche das Chitin unserer Wespe der Conservirung und Mikrotombehandlung entgegenstellte, machte sich eine specielle und etwas komplicirtere Behandlung nothwendig, als sie bei anderen Objekten üblich ist. Es sei mir deshalb erlaubt, in Folgendem kurz die Methode zu erläutern, die ich für die Mikrotombehandlung stark chitinisirter Insekten überhaupt als die am meisten empfehlenswerthe halte.

Um jederzeit ein für mikroskopische Zwecke brauchbares Material zu besitzen, empfiehlt es sich schon bei der Conservirung, die Objekte einer besonderen Behandlung zu unterziehen. Als beste Abtödtungsflüssigkeit glaube ich einen mittelstarken, etwa 60° Alkohol ohne jeden Zusatz am meisten empfehlen zu können. Wirft man ein Insekt in diese auf circa 40° C. erwärmte Flüssigkeit, so lässt es in schneller Folge die im Körper befindliche Luft aus den Tracheen entweichen und sinkt nach 5—10 Sekunden währender Agonie auf den Boden des Gefässes. Falls einzelne Thiere dieses Verhalten nicht zeigen und auf der Oberfläche des Alkohols schwimmen oder in demselben schweben, wie es in seltenen Fällen vorkommt, so sind diese Thiere auszumerzen, da sie der weiteren Behandlung durch die Luft, die sie im Innern der Organe behalten haben, grosse Schwierigkeiten entgegensetzen. Aus diesem Grunde ist auch die bei allen zarthäutigen Thieren so überaus empfehlens-

werthe Sublimatbehandlung gänzlich zu verwerfen. Das Sublimat tödtet die Thiere augenblicklich, sie vermögen deshalb nicht die Luft aus den Tracheen heraustreten zu lassen. In lufthaltige Objekte dringen aber die Reagentien, deren man zur weiteren Behandlung benöthigt, überaus schwer. Hat man jedoch einmal den Fehler mit der Sublimatabtödtung begangen, so vermag man wenigstens zum Theil die Luft zu entfernen, wenn man die Objekte, eingeschlossen in der Conservirungsflüssigkeit, der Behandlung unter der Luftpumpe aussetzt. Ein vorhergehendes manuelles Drücken und Pressen der lufthaltigen Objekte war bei mir stets erfolglos geblieben. Die Behandlung mit der Luftpumpe macht sich jedoch durch ihre zweischneidige Wirkung wenig empfehlenswerth. Betrachtet man nämlich den Recipienten mit dem in ihm eingeschlossenen Objekt, so bemerkt man, dass erst bei sehr hoher Anspannung die Luft das Präparat verlässt. Das Entweichen der Blasen geschieht aber nicht allmählich, sondern in heftiger, das ganze Objekt erschütternder Weise. Die Vehemenz der Bewegung, mit welcher die Luftblase nach oben schiesst, reisst aber auch Theile aus dem Innern des Objekts mit sich fort, wie ich des Oefteren zu beobachten leider Gelegenheit hatte. Diese Uebelstände werden durch eine langsame Abtödtung in 60 ⁰ Alkohol gänzlich vermieden. Aus dieser Flüssigkeit überführte ich die Objekte sehr bald in 80 ⁰ Alkohol, in dem ich sie beliebig lange beliess, bis ich ihrer einzeln zu weiterer Vorbereitung für das Einbettungsverfahren bedurfte.

Um die Objekte vollständig zu entwässern, liess ich absoluten Alkohol bei oftmaliger Erneuerung gegen 48 Stunden einwirken, bei älteren Exemplaren, welche durch eine dunklere Färbung des Chitins kenntlich waren, auch wohl bis zu drei Tagen. Das Gefäss, in dem die Objekte eingeschlossen waren, stellte ich hierbei in den auf circa 35 ⁰ erwärmten Schmelzofen, um eine möglichst schnelle Entwässerung und vollständige Durchtränkung zu erzielen. Dann führte ich in üblicher Weise allmählich gereinigtes Xylol hinzu und liess hierin die Objekte bis zu 24 Stunden. Ein längeres Belassen in letzterer Flüssigkeit ist sehr nachtheilig, da, abgesehen von einer erheblichen Schrumpfung der Weichtheile, auch das Chitin noch starrer und spröder wird und sich später unter dem Messer, bei langsamer sowohl wie schneller Schnittführung, als im hohen Grade brüchig erweist.

Um die Sprödigkeit und Härte des Chitins zu vermeiden, hat man sich neuerdings recht häufig des Eau de Javelle bedient. Dieses vielgerühmte und vielangefochtene Mittel habe ich auch zeitweilig versucht, jedoch keinen rechten Erfolg damit erzielt. Entweder wendet man es zu lange Zeit und zu konzentrirt an, so zerstört es durch seinen starken Chlorgehalt die Muskulatur und die anderen Gewebe, oder man wendet es nur kürzere Zeit an, so erreicht man seinen Zweck, die Chitinerweichung nicht. Den richtigen Mittelweg hierbei zu finden, ist mir nicht gelungen, zumal da der

Chlorgehalt des Eau de Javelle je nach den Bezugsquellen verschieden ist.

Um Verschiebungen einzelner Theile des chitinösen Hartgebildes zu verhindern, war ich gezwungen, einen möglichst harten Einbettungsstoff zu verwenden. Auf Empfehlung des Herrn Geheimrath Leuckart benutzte ich während der warmen Jahreszeit weisses gereinigtes Bienenwachs von 70° Schmelzpunkt, dem ich ein gleiches Quantum Paraffin von 48° Schmelzpunkt beimischte. Während der Wintermonate genügte schon eine Mischung, deren Schmelzpunkt bei 56° lag. Sehr Acht zu geben hat man bei der Benutzung eines so harten Einbettungsmaterials, dass der Wärmegrad, dem man das Objekt im Schmelzofen aussetzt, möglichst konstant derselbe bleibe. Die Verschiedenheit des Gaskonsums und der dadurch bedingte Druck in dem Leitungsrohr lässt aber die Flamme, namentlich in den Dämmerungsstunden bis zu 10° C. schwanken. Es ist deshalb, da ja bekanntlich eine Erhitzung des Präparats über 62° C. das Eiweiss koarguliren lässt, und das Objekt somit verdirbt, die Benutzung eines Thermostaten nicht zu umgehen. Nach 48 Stunden waren meine Objekte von der Wachsmischung stets vollkommen durchtränkt; ich überführte sie dann in der gebräuchlichen Weise schnell auf den Kork des Mikrotoms, liess plötzlich stark abkühlen und schnitt den Block mit dem eingeschlossenen Präparat zurecht.

Der Schnitt durch das Objekt mufs gleichmässig, ohne Unterbrechung und verhältnissmässig schnell durch das ganze Präparat hindurchgeführt werden. Nicht ganz gleichgültig ist hierbei die Stellung des Messers zum Objekte. Ich halte es für sehr empfehlenswerth, bei stark chitinisirten Objekten von der sonst gebräuchlichen schrägen Schneidemethode abzusehen. Das Messer ist, wenn auch frisch geschliffen, nie ganz ohne Scharten. Lässt man es nun schräg auf das Objekt wirken, so wird auch eine grössere Anzahl Scharten durch letzteres sägeartig hindurchgezogen, und das spröde Chitin zersplittert und verdeckt die leidlich intakt gebliebenen Stellen. Schneidet man jedoch bei gerader Messerstellung im gestreckten Winkel zum Objekt, so ist es leichter, schartenlose Stellen des Messers aufzusuchen, da ja die Schnittfläche eine kürzere ist, und ferner ist ein öfteres Wechseln der Schnittstelle nach einigem Gebrauch möglich gemacht.

Gelegentlich machte sich im Winter bei niedriger Zimmertemperatur oder starker Zugluft vom Fenster her der Härtegrad des Einbettungsstoffes allzuübel bemerkbar. In diesem Fall erwärmte ich das Messer an der dem Präparat entferntesten Stelle leicht mit der Alkoholflamme, deren Wärme sich alsbald der Schnittstelle mittheilte und dann ein glattes Schneiden möglich machte.

Die Widerstandsfähigkeit und Härte des Chitins zeigt sich am meisten, wenn man es mit Objekten zu thun hat, die bereits längere Zeit in starkprocentigem Alkohol konservirt waren, oder wenn man bei der Einbettung derselben das Xylol zu lange Zeit hatte ein-

wirken lassen. In diesem Fall bediente ich mich einer ziemlich dünnflüssigen Aether-Collodiumlösung, welche ich in möglicht geringer Menge, aber so, dass die ganze Schnittfläche des Blocks bedeckt wurde, mit einem feinen Pinsel auftrug. Ein leichtes Anhauchen unterstützte bei kalter Witterung die Verflüchtigung des Aethers. Leider dauert aber die Anfertigung und das Auftragen eines Schnittes auf den Objektträger einige Minuten, das Schneiden eines so ansehnlichen Organs, wie der Genitalien von Vespa, ein bis zwei Tage, wobei man mit der unangenehmen Thatsache zu rechnen hat, dass sich das Präparat in den dazwischenliegenden Pausen senkt und der jedesmalige erste Schnitt ungleichmässig dicker wird. Trotz dieses Nachtheils möchte ich aber die Behandlung der Schnittfläche mit einer Collodiumlösung recht empfehlen. Ich verdanke ihr, was Intaktheit anbelangt, meine besten Schnittserien.

Ganz besonders werthvoll ist diese Methode aber, wenn man weniger auf eine komplizirte Färbungstechnik einzugehen braucht und mehr Uebersichtsbilder von vielleicht $^1/_{50}$ mm Dicke herstellen will, sei es zur Rekonstruktion oder auch nur, um sich ein allgemeines Situationsbild zu verschaffen. Will man sich des Collodiums bedienen, so muss man bei der Behandlung des Präparats von vornherein darüber klar sein, da eine Färbung in toto sich notwendig macht. Das Collodiumhäutchen, welches so gute Dienste leistet beim Zusammenhalten der einzelnen Stücke des Schnittes, nimmt nämlich beim Färben der Schnitte auf dem Objektträger nur zu leicht die Farbe mit auf und trübt dadurch das Bild. Gänzlich ausgeschlossen sind gute Doppelfärbungen nach dem Aufkleben mit Hülfe des Collodiums.

In Fällen also, wo es sich um Schwierigkeiten in der Deutung einzelner Gewebsparthien handelt, muss man von der sonst so empfehlenswerthen Collodiumbehandlung der Schnitte absehen; ebenso bei Präparaten, welche im Innern viel Fettgewebe oder dünne Membranen enthalten, da diese sich nicht genügend von der bedeckenden Schicht abheben. Beide Schwierigkeiten ergeben sich nun aber mehr oder weniger bei allen Untersuchungen, und so war auch ich denn genöthigt, nach der Feststellung des Situs der einzelnen Theile mit Hülfe des Collodiums, auch ohne dieses Mittel brauchbare Schnittserien herzustellen. Letzteres gelang denn auch leidlich nach Anwendung der vorher auseinandergesetzten Conservirungs-Methode.

Beim Färben in toto bediente ich mich meistentheils der Carmine. Ich gebrauchte alkoholisches Boraxcarmin nach Grenacher bei 3—4tägigem Einwirken, und überführte dann in absoluten Alkohol + 1 pro mille Salzsäure, bis keine Färbung des Alkohol mehr eintrat. Die Schnitte zeigten dann eine besonders gute Kernfärbung. Von einfachen Färbemitteln bediente ich mich ferner des Lithioncarmins nach Orth; bei dieser Methode ist jedoch ein Auf-

kleben der Schnitte mit einem Theil Collodium + drei Theilen Nelkenöl nothwendig, da das Lithion bei Benutzung des Eiweissglycerins als Klebemittel letzteres auflöst und die Schnitte leicht fortschwimmen. Von Doppelfärbungen benutzte ich allein das im zoologischen Institut gebräuchliche Pikrocarmin, welches die Zellkerne stark roth, die übrigen Theile ausser dem Bindegewebe schwach gelb färbte. Wurde das Pikrin bei der späteren Alkoholbehandlung zu stark ausgezogen, so färbte ich mit einfacher Pikrinlösung auf dem Objektträger noch einmal nach. Als Aufklebemittel benutzte ich meistentheils die gewöhnliche Eiweissglycerinmischung, beides zu gleichen Theilen + geringes Quantum Camphor als desinficiens.

Litteratur-Verzeichniss.

Audouin. Anatomie comparative des parties solides des Insectes. Isis 1832, p. 89—97.

Boas. Organe copulative et accouplement du Hanneton. Kopenhagen 1892.

Burmeister. Handbuch der Entomologie. 1832.

Dewitz. Vergleichende Untersuchung über Bau und Entwickelung des Stachels der Honigbiene. Leipzig 1874.

Dufour. Recherches anatomiques et physiologiques sur les Orthoptères, les Hymenoptères et les Neuroptères. p. 393—406, 470—472.

Dzierzon. Beobachtung eines Hummelpaares während der Begattung. Eichstädter Bienenzeitung 1861. p. 193, 194.

Escherich. Die biologische Bedeutung der Genitalanhänge der Insecten. Verhandl. d. k. k. Zool. Bot. Ges. Wien 1892.

Graber. Die Insekten. München 1877.

Gravenhorst. Befruchtung einer Wespenmutter. Eichst. Bien. Z. 1873 Nr. 9.

Honert. Beobachtung der Befruchtung einer Wespenkönigin. Deutscher Bienenfreund 1876 p. 168.

Koschewnikoff. Bau der Geschlechtsorgane der Drohne (russisch). Moskau 1891.

Kraepelin. Untersuchungen über Bau, Mechanismus und Entwickelungsgeschichte des Stachels der bienenartigen Thiere. Leipzig 1873.

Lacaze-Duthiers. Recherches sur l'armure génitale des Insectes. Annal. d. sicenc. nat. Tome 11, 12. Paris 1849.

Leuckart. Die Anatomie der Biene nebst Tafel. Leipzig 1885.

Leunis. Synopsis der Thierkunde. 3. Aufl. Hann. 1886.

Ormancey. Recherches sur l'étui penial considéré comme limite de l'espère dans les coleoptères. Ann. d. scienc. Paris 1849.

Petrich. Wespenbegattung. Deutscher Bienenfreund 1868 Nr. 10.

Raduszkowski. Revision des armures copulatives. Bull. Soc. Nat. Moskau 1872. T. 49, p. 51—92. T. 61, p. 359—370.

Réaumur. Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes. Paris 1742.

Schmiedeknecht. Apidae Europaeae. Tomus I. Berlin 1882—1884.

Scholz. Bienenbegattung. Deutscher Bienenfreund 1887 Nr. 3.

Swammerdam. Biblia naturae sive historia Insectorum. Leyden 1737—1738.

Verhoeff. Finden sich für die laminae basales der mänlichen Coleopteren Homologa bei Hymenopteren? Zool. Anz. Nr. 432. 1893.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel X.

Die folgenden Buchstaben bezeichnen gleiche Theile in den Figuren und zwar bedeutet:

Ad = Anhangsdrüsen.
ad. Sa. = adductor Sagittae.
C = Cardo.
c. p. = compressor Stipitis.
D e = Ductus ejaculatorius.
d. Sp. = depressor Spathae.
G = Gelenk.
H = Hoden.
I B = Innere Begrenzungsschicht.
Lm = Längsmuskel.
l. Sp. = levator Spathae.
Rm = Ringmuskel.
Sa = Sagitta.
Sp = Spatha.
St = Stipes.
V d = Vas deferens.
ch. W. = chitinöse Wucherung.

Fig. 1. Totalansicht des Genitalorgans von der Ventralseite gesehen. 12fache lin. Vergr.

Fig. 2. Totalansicht des Genitalorgans von der Dorsalseite gesehen. 12fache lin. Vergr.

'ig. 3. Querschnitt durch die Mitte der Spatha. Im Innern eingeschlossen: Der ductus ejaculatorius mit Inhalt. 130fache lin. Vergr.

Fig. 4. Querschnitt durch das letzte, aborale Drittel des Copulationsapparates. 30fache lin. Vergr.

Fig. 5. Querschnitt aus der Gegend der Mitte des Copulationsapparates. 30fache lin. Vergr.

Fig. 6. Querschnitt in der Höhe des oral gelegenen ersten Drittels des Copulationsapparates. 30fache lin. Vergr.

Fig. 7, 8, 9. Schnitte durch je ein Vas deferens mit den verschiedenen anatomischen Befunden. 290fache lin. Vergr.

Fig. 7. Querschnitt. Es folgen von aussen nach innen: 1. Längsmuskulatur. 2. Ringmuskulatur mit eingelagertem Bindegewebe. 3. Vielkammerige Gewebeschicht mit Zellkernen an der dem Centrum entfernten Seite. Die dem Lumen zunächst liegende Parthie ist intensiver gefärbt. Epithelschicht.

Fig. 8. Querschnitt. Es folgen von aussen nach innen: 1. Längsmuskulatur. 2. Ringmuskulatur mit eingelagertem Bindegewebe. 3. Eine Schicht, gebildet von centripetal verlaufenden Strängen, welche sich centralwärts vereinigen und durch Einlagerung von Sekreten zu einem intensiv gefärbten ringförmigen Band verschmolzen sind. Aus letzterem ragen Zotten in das Lumen der Vas hinein. Zerfallene Drüsenzellen.

Fig 9. Etwas schräg gerichteter Längsschnitt. Die dritte Schicht wird durch eine feine aber deutlich sichtbare Limitans von der Ringmuskulatur getrennt. Die Schicht besteht aus flaschenförmigen, meist gefüllten Drüsenzellen. Durch die schräge Richtung des Schnittes wird ein Theil des polyedrischen Innenbelags des Vas sichtbar.